

QUADERNI PER L'ENERGIA / VOL.6

**COSTRUIRE E RISTRUTTURARE**  
**in Friuli Venezia Giulia:**  
**COME SCEGLIERE LA QUALITÀ**

PUBBLICAZIONI APE FVG  
AGENZIA PER L'ENERGIA  
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

**QUADERNI PER L'ENERGIA / VOL.6**

**COSTRUIRE E RISTRUTTURARE**  
**in Friuli Venezia Giulia:**  
**COME SCEGLIERE LA QUALITÀ**

**PUBBLICAZIONI APE FVG**  
AGENZIA PER L'ENERGIA  
DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

## INDICE

<b>5</b>	<b>INTRODUZIONE: SCEGLIAMO OGGI IL NOSTRO FUTURO</b>
7	Chi è APE FVG
<b>8</b>	<b>IL RISPARMIO ENERGETICO NEL SETTORE EDILIZIO</b>
10	Indici energetici e requisiti minimi
15	La certificazione energetica
16	Ristrutturazione e diagnosi energetica
<b>18</b>	<b>EDIFICI AD ENERGIA QUASI ZERO, CASA CLIMA E CASE PASSIVE</b>
18	Cos'è un edificio a energia quasi zero
19	Cos'è una CasaClima
21	Scopo della certificazione di qualità
22	Cos'è una casa passiva
24	La ristrutturazione di qualità, l'approccio di CasaClima R
25	Monitoraggi: dal certificato energetico ai consumi reali
<b>29</b>	<b>COMPONENTI E MATERIALI</b>
29	Migliorare l'involucro edilizio
30	Progettazione integrata
31	Involucro edilizio e dispersioni termiche
33	Isolamento termico
35	Materiali isolanti
36	Comfort e temperature superficiali
40	Ventilazione e qualità dell'aria
41	Finestre
43	Comfort estivo
44	Tipo di costruzione
44	Ponti termici
46	La tenuta all'aria
47	Il test di tenuta all'aria
47	Impianti di riscaldamento
49	Verso l'autosufficienza energetica
<b>51</b>	<b>ESEMPI DI EDIFICI CASA CLIMA</b>
<b>88</b>	<b>APPENDICE A: GLOSSARIO</b>
<b>91</b>	<b>APPENDICE B: RIFERIMENTI NORMATIVI</b>
<b>95</b>	<b>APPENDICE C: AZIENDE CHE HANNO SOSTENUTO QUESTA PUBBLICAZIONE</b>

## SCEGLIAMO OGGI IL NOSTRO FUTURO

In APE FVG veniamo spesso interpellati dai cittadini o dalle amministrazioni pubbliche sull'opportunità o meno di riqualificare energeticamente un edificio. Il fine ultimo della domanda è quasi sempre lo stesso: "dopo aver eseguito gli interventi, quanti soldi risparmieremo?"

La domanda è comprensibilmente legittima ed indica chiaramente tra le priorità di intervento quella che riveste maggiore importanza per la sensibilità di chi deve investire soldi guadagnati con fatica: recuperare l'investimento velocemente per poi avere a disposizione denaro aggiuntivo da dedicare ad altre attività come ad esempio la crescita dei figli, l'alimentazione, le vacanze, solo per citarne alcune. L'aspirazione a migliorare la qualità della vita propria e dei discendenti è insita nell'uomo: ogni generazione desidera lasciare a quella che verrà un futuro migliore.

È un meccanismo profondo della natura umana che ha permesso alle diverse civiltà di evolvere nel tempo, migliorando le proprie condizioni di vita.

In questo contesto, l'energia che ruolo ha avuto ed ha tuttora nel garantire la qualità della vita umana?

La risposta è che senza abbondante energia la qualità della vita di cui oggi godiamo non sarebbe possibile: la disponibilità di energia ha permesso di aumentare la nostra produttività in quasi tutti i campi di attività, dall'agricoltura all'industria, ai trasporti. Non c'è attività umana che non faccia uso, e di solito un uso crescente, di energia per garantire gli standard a cui siamo oggi abituati.

Nella sensibilità comune tutta questa energia appare come semplicemente garantita. Direi scontata: c'è e ci sarà, qualcuno penserà sempre al modo di produrla e di trasferirla nelle disponibilità di tutti.

Eppure, da qualche decennio, la comunità scientifica sta ponendo due grossi interrogativi, che suscitano preoccupazione tra gli individui più consapevoli e coloro che dedicano la loro vita a questa materia ma che vengono ignorati dalla maggioranza e sapientemente "diluiti" nella coscienza collettiva:

- per quanto tempo ancora potremo utilizzare le fonti fossili, il principale serbatoio di energia per la società umana?
- come ridurre le conseguenze per l'ambiente ed il clima

determinato dall'uso indiscriminato e crescente di fonti fossili da due secoli a questa parte?

Il primo interrogativo trova immediato riscontro nella vita quotidiana, in quanto correlato al prezzo dell'energia. Non bisogna farsi ingannare, il prezzo dell'energia fossile sale sempre e comunque, perché la disponibilità sta diminuendo nel tempo. Vi sono oscillazioni, legate ad esempio ai cicli economici o alle guerre nelle aree di produzione, ma la tendenza nel tempo è sempre stata confermata: il prezzo dell'energia fossile cresce costantemente!

Il secondo interrogativo è più subdolo: è difficile sperimentare nella vita di ogni giorno il cambiamento climatico. E ciò che non si sperimenta direttamente, è più difficile da credere.

Eppure il clima sta cambiando, è un dato scientifico avvalorato da anni di osservazioni, dati raccolti ed elaborazioni autorevoli.

Già all'inizio del 1900, il premio Nobel per la chimica Svante Arrhenius si chiedeva cosa sarebbe successo all'atmosfera della Terra se avessimo continuato ad immettervi anidride carbonica, il principale prodotto delle combustioni da cui estraiamo l'energia fossile. E l'anidride carbonica non è l'unico prodotto delle combustioni, è solo il principale: ma vi sono gli ossidi di azoto, gli ossidi di zolfo, l'ozono, i particolati (PM10, PM5, ecc.) ed una serie di altri composti nocivi per la nostra salute. Provate ad immaginare casa vostra: come sarebbe la vita all'interno della vostra casa se non cambiaste l'aria di tanto in tanto? L'anidride carbonica si accumulerebbe all'interno rendendo l'ambiente invivibile. L'atmosfera terrestre non è diversa, è un sistema chiuso (come casa vostra) in cui i gas si accumulano. Noi stiamo estraendo da due secoli anidride carbonica dal suolo (sotto forma di petrolio e gas naturale) per trasferirla nell'atmosfera. Ma l'atmosfera non ha finestre da aprire.

Ecco allora che nel momento in cui ci accingiamo a spendere soldi per riqualificare la nostra abitazione, ci sono due aspetti che è giusto considerare, avendo i nostri figli in mente:

- ridurre la spesa energetica;
- ridurre il nostro impatto sul clima.

Non bisogna sottovalutare il secondo aspetto, demandare ad altri l'azione, confidare nel tempo, perché è già tardi.

È la somma di tanti piccoli contributi che farà la differenza nelle politiche di contrasto al cambiamento climatico. Non è lungimirante attendere speranzosi soluzioni tecnologiche risolutive: difficilmente le vedremo nell'arco della nostra vita.

Ogni singola persona, ogni famiglia, ogni amministrazione pubblica, ogni imprenditore può fare la differenza scegliendo

un futuro diverso: un futuro in cui riduciamo al minimo il consumo di fonti di energia fossile e ci approvvigioniamo dell'energia che ci serve in modo alternativo e sostenibile. Cominciamo dalle cose che controlliamo direttamente: la casa, l'auto, l'alimentazione ed anche il futuro dei nostri figli potrà essere migliore del nostro.

Matteo Mazzolini  
Direttore APE FVG



## CHI È APE FVG

L'opinione pubblica internazionale è più che mai incline a mobilitarsi in maniera decisa sui temi ambientali, su cui tutti abbiamo una responsabilità. Uno dei punti di vista più importanti da cui affrontare questi problemi è legato all'energia: da che fonti proviene? È utilizzata in maniera efficiente?

Occuparsi di energia non significa solo dover riparare a danni commessi in passato, è invece un'occasione per il nostro presente: è fonte di competitività, sviluppo di nuove tecnologie, opportunità sociali, posti di lavoro e, in generale, benessere. Non si tratta solo di essere etici e responsabili, ma anche innovativi e strategici.

In questo contesto, nel 2006 è nata l'Agenzia per l'Energia del Friuli Venezia Giulia come associazione senza scopo di lucro impegnata nella promozione del risparmio energetico, in risposta alla necessità di convogliare in un unico polo le conoscenze e le competenze energetiche della regione. APE FVG si è affermata come punto di riferimento per enti pubblici e privati accomunati dall'obiettivo di un'energia intelligente e sostenibile, costituendo un unicum a livello regionale. L'Agenzia fa parte della rete Energia Intelligente per l'Europa (IEE) sostenuta dalla Commissione Europea, a cui appartengono circa 380 agenzie in 30 diversi Stati europei. I principali ambiti di competenza sono il risparmio e l'efficienza energetica, anche attraverso il ricorso alle fonti rinnovabili, con un focus sull'edilizia quale settore particolarmente energivoro.

L'Agenzia opera tramite consulenze ed audit energetici, pubblicazioni, corsi, valutazioni di fattibilità, progetti di cooperazione internazionale, certificazioni energetiche, lavorando con un approccio interdisciplinare, indipendente e qualificato, caratterizzato da una forte presenza sul territorio.

## IL RISPARMIO ENERGETICO NEL SETTORE EDILIZIO



La direttiva europea 2010/31/UE sulle prestazioni energetiche degli edifici, in vigore dal 1° gennaio 2012, indica con chiarezza la necessità di attuare specifiche politiche per la riduzione dei consumi energetici nel settore edilizio, responsabile del 40% del consumo energetico globale dell'Unione Europea. La riduzione dei consumi e l'incremento dell'utilizzo di energia da fonti rinnovabili sono misure essenziali per ridurre la dipendenza energetica dell'Unione Europea e le emissioni di gas a effetto serra.

La premessa della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica riporta:

*L'Unione si trova di fronte a sfide senza precedenti determinate da una maggiore dipendenza dalle importazioni di energia, dalla scarsità di risorse energetiche, nonché dalla necessità di limitare i cambiamenti climatici e di superare la crisi economica. L'efficienza energetica costituisce un valido strumento per affrontare tali sfide. Essa migliora la sicurezza di approvvigionamento dell'Unione, riducendo il consumo di energia primaria e diminuendo le importazioni di energia. Essa contribuisce a ridurre le emissioni di gas serra in modo efficiente in termini di costi e quindi a ridurre i cambiamenti climatici. Il passaggio a un'economia più efficiente sotto il profilo energetico dovrebbe inoltre accelerare la diffusione di soluzioni tecnologiche innovative e migliorare la competitività dell'industria dell'Unione, rilanciando la crescita economica e la creazione di posti di lavoro di qualità elevata in diversi settori connessi con l'efficienza energetica.*

Anche in Friuli Venezia Giulia, così come nel resto d'Italia, la presenza di combustibili è scarsa: nella nostra regione l'energia locale copre solo una minima parte del fabbisogno complessivo, perciò la dipendenza dalle importazioni energetiche è pressoché totale, cosa che ci espone inesorabilmente alle oscillazioni – e ai rincari – del costo dell'energia acquistata dai produttori esteri (Russia, Medio Oriente, ecc.).

La citata direttiva europea sull'edilizia è stata recepita in Italia nell'agosto del 2013, con un ennesimo e significativo

aggiornamento del decreto legislativo 192/2005. In particolare, attraverso tre decreti ministeriali datati 26 giugno 2015, sono state aggiornate le modalità di redazione degli Attestati di Prestazione Energetica, sono stati aggiornati i requisiti minimi da rispettare per gli edifici nuovi e ristrutturati, e sono stati introdotti i parametri per identificare il cosiddetto "edificio a energia quasi zero".

Lo scenario disegnato dai decreti promuove un incremento dell'efficienza energetica di tutto il settore edilizio, considerando che:

- gli edifici di nuova costruzione dovrebbero essere costruiti al meglio delle possibilità e quindi in classe energetica A3 o A4 o, dal 2021, con le caratteristiche previste per gli edifici a energia quasi zero;
- ogni intervento previsto sui fabbricati esistenti e sui relativi impianti dovrebbe produrre anche un miglioramento energetico.

Le possibilità di intervento sono molteplici e interessanti: da tempo sono presenti sul mercato materiali, soluzioni tecniche e tecnologiche che permettono agli edifici di raggiungere livelli di efficienza molto elevati. Gli edifici a energia quasi zero sono oggi già una realtà consolidata e nella nostra regione si trovano diversi esempi di case dalle prestazioni eccellenti: le buone pratiche costruttive consentono di realizzare edifici con fabbisogni termici per riscaldamento inferiori ai 50 kWh annui per metro quadro di superficie abitabile, fino alle cosiddette case passive, che hanno fabbisogni annui inferiori a 15 kWh per metro quadro. Considerando che per ottenere 10 kWh devo consumare circa 1 mc di metano, un edificio di questo tipo, se ha una superficie di 100 mq, si riscalda tutto l'inverno (in condizioni standard) con una quantità di metano di circa 150-500 mc. Perfino meno se vi è un contributo dalle fonti rinnovabili.

Anche un buon intervento di ristrutturazione può portare a risultati simili, con notevoli vantaggi sul bilancio economico familiare. Teniamo presente che in un edificio tradizionale, non coibentato, il 60-70% dell'energia è utilizzata per il riscaldamento, con fabbisogni termici che mediamente si aggirano sui 180-250 kWh per metro quadro di superficie abitabile, cioè più di 1800-2500 mc di gas per un edificio da 100 mq. Un intervento di ristrutturazione totale può abbassare i consumi di riscaldamento anche del 60-70%,





con esempi virtuosi fino al 90% (le cosiddette ristrutturazioni “fattore 10”). Il confronto è presto fatto: il potenziale di risparmio di una riqualificazione è molto elevato. C'è una questione molto importante che deve essere sempre presa in considerazione: all'elevata efficienza energetica deve accompagnarsi una altrettanto elevata qualità costruttiva, che deve essere prevista in fase di progettazione, garantita durante l'esecuzione dei lavori e infine collaudata con opportune verifiche.

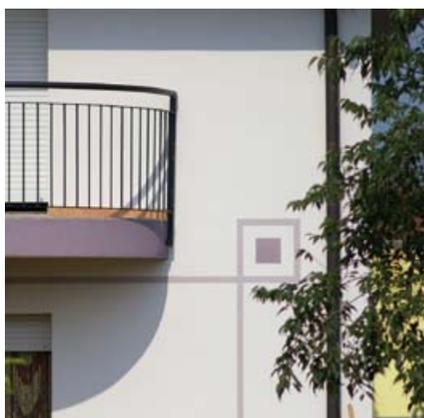
### INDICI ENERGETICI E REQUISITI MINIMI

Per rappresentare il livello di efficienza energetica dell'edificio, o di un suo componente, si possono usare diversi parametri. Tali parametri, anche se con alcune differenze applicative, vengono riportati sia negli Attestati di Prestazione Energetica sia nelle relazioni tecniche di progetto che attestano il rispetto dei requisiti minimi previsti dalla legge. I principali indicatori utilizzati descrivono le prestazioni energetiche dell'edificio considerando:

- il potere termoisolante degli elementi edilizi opachi e trasparenti;
- il livello di ombreggiamento delle superfici trasparenti;
- il rendimento delle componenti impiantistiche;
- la quota di energia da fonti rinnovabili;
- gli indici di energia netta relativi al comportamento del fabbricato;
- gli indici di energia primaria relativi al comportamento dell'edificio.

Per meglio comprendere il significato degli indicatori, vale la pena di descrivere l'edificio facendo riferimento ai termini usati dalla normativa, secondo cui:

- l'edificio è un sistema che comprende il fabbricato e i sistemi tecnici;
- il fabbricato è costituito dalle strutture edilizie interne ed esterne, alcune delle quali vanno a comporre l'involucro edilizio;
- l'involucro dell'edificio è composto dagli elementi edilizi, opachi e trasparenti, che separano il volume climatizzato dall'esterno o dagli ambienti non climatizzati;
- i sistemi tecnici sono di fatto gli impianti dedicati ai vari servizi energetici dell'edificio; i servizi energetici sono 6: riscaldamento (climatizzazione invernale), raffrescamento



(climatizzazione estiva), acqua calda sanitaria, ventilazione, illuminazione e sistemi di trasporto per l'edilizia, e sono indicati rispettivamente con le lettere H, C, W, V, L, T.

La legislazione, inoltre, prevede alcune differenze nella scelta e nell'applicazione degli indicatori in funzione del tipo di intervento previsto. Oltre alle nuove costruzioni e agli ampliamenti, i decreti distinguono tra:

- riqualificazione energetica dei singoli elementi edilizi o degli impianti;
- ristrutturazione importante di secondo livello, quando l'intervento interessa più del 25% dell'involucro dell'edificio ed eventualmente gli impianti di climatizzazione;
- ristrutturazione importante di primo livello, quando l'intervento interessa più del 50% dell'involucro dell'edificio e l'impianto di climatizzazione.

### Isolamento termico

Il livello di isolamento termico degli elementi edilizi è rappresentato dalla resistenza termica  $R_o$ , più frequentemente, dalla trasmittanza termica  $U$ . Per gli interventi di riqualificazione energetica il D.M. 26/05/2015 impone dei valori di trasmittanza termica massima per l'involucro, suddivisi per elementi edilizi: pareti, solai di copertura, solai di pavimento, serramenti. In certi casi, come per esempio nelle nuove costruzioni, è invece richiesto il rispetto di un valore che rappresenta la trasmittanza media, denominato coefficiente medio globale di scambio termico  $H'_T$ . Considerando che il livello di protezione dal surriscaldamento estivo non viene adeguatamente rappresentato dai suddetti valori, la norma – in funzione dell'irraggiamento solare tipico della zona – prevede anche la verifica della trasmittanza termica periodica  $Y_{IE}$ . È un parametro complesso che tiene conto non solo degli effetti dell'isolamento termico ma anche della capacità dell'elemento edilizio di accumulare il calore più o meno velocemente. Il valore medio di trasmittanza termica periodica dell'involucro dell'edificio è sempre riportato nell'Attestato di Prestazione Energetica.

### Ombreggiamento degli elementi trasparenti

La capacità dell'edificio di proteggersi adeguatamente dall'accumulo di calore estivo dipende in gran misura dall'efficacia dei sistemi di ombreggiamento delle finestre. Tant'è che il decreto prevede sempre la verifica di questo



aspetto utilizzando, a seconda dei casi, uno dei seguenti indicatori:

- il fattore solare totale  $g_{gl+sh}$  che indica la quantità di radiazione solare che, per ogni finestra, non viene intercettata dall'effetto combinato del vetro e delle schermature mobili (persiane, avvolgibili, tende, ecc.);
- l'area solare equivalente estiva  $A_{sol,est}$  rapportata alla superficie utile dell'edificio, che rappresenta il comportamento medio di tutte le finestre dell'edificio tenuto conto delle prestazioni del vetro e della presenza di schermature mobili e fisse; questo parametro è riportato anche negli Attestati di Prestazione Energetica.

### Rendimento degli impianti

A seconda dei casi, i decreti richiedono il rispetto di singoli parametri relativi a specifiche componenti impiantistiche (per esempio i generatori, che siano a gas, a biomassa o pompe di calore), oppure il rispetto di parametri complessivi che tengono conto dell'insieme delle componenti così come installate.

I rendimenti vengono generalmente indicati con  $\eta$  e possono rappresentare:

- i rendimenti complessivi degli impianti, suddivisi per servizio energetico: riscaldamento, raffrescamento o acqua calda sanitaria, rispettivamente  $\eta_H$ ,  $\eta_C$ ,  $\eta_W$ ;
- i rendimenti  $\eta_{gn}$  dei generatori afferenti ai vari servizi energetici;
- i rendimenti  $\eta_u$  dei sottosistemi di utilizzazione dei vari servizi energetici, che includono la distribuzione, la regolazione ed i terminali di emissione dell'impianto;
- i rendimenti dei singoli sottosistemi, ovvero  $\eta_d$  per i sottosistemi di distribuzione,  $\eta_{rg}$  per i sottosistemi di regolazione e  $\eta_e$  per i sottosistemi di emissione.

### Fonti rinnovabili

Ai sensi del decreto legislativo 28 del 2011, per gli edifici di nuova costruzione, gli edifici soggetti a demolizione e ricostruzione e quelli con superficie utile superiore a 1000 mq soggetti a ristrutturazione integrale dell'involucro, deve essere prevista una quota minima di energia prodotta da fonti rinnovabili che copra parte dei consumi sia termici che elettrici. La quota di energia termica da fonti rinnovabili viene calcolata



in percentuale rispetto ai fabbisogni dell'edificio, mentre la quota rinnovabile richiesta per l'energia elettrica viene determinata in proporzione alla superficie coperta dell'edificio.

### Indici di energia netta

Gli indici di energia netta descrivono la prestazione termica dell'involucro edilizio nella stagione invernale ed estiva, sono rapportati alla superficie utile dell'edificio e si esprimono in kWh/mq all'anno. Gli indici quindi sono due,  $EP_{H,nd}$  e  $EP_{C,nd}$ , e rappresentano la quantità di energia – definita appunto energia netta – che l'impianto deve fornire al fabbricato, in condizioni standard, al fine di mantenere la temperatura interna nei livelli di comfort predeterminati (20°C d'inverno e 26°C d'estate). Nel calcolo degli indici di energia netta non è importante conoscere quale tipo di impianto fornirà l'energia, né come, poiché gli indici tengono conto del grado di efficienza dell'involucro nel trattenere o disperdere tale energia. Il risultato deriva da un bilancio tra l'energia termica dispersa attraverso i materiali che costituiscono l'involucro, l'energia persa a causa del ricambio d'aria degli ambienti, l'energia solare accumulata attraverso le superfici trasparenti, e infine l'energia termica degli apporti interni dovuti alle persone ed alle apparecchiature presenti.

### Indici di energia primaria

L'energia che usiamo in qualità di clienti finali arriva nelle nostre case a seguito di un flusso che può essere più o meno articolato.

Per esempio, l'energia termica prodotta dal nostro pannello solare segue un flusso abbastanza breve: il sole riscalda l'acqua all'interno dei collettori, l'acqua riscaldata trasporta l'energia fino al bollitore (una piccola parte dell'energia viene persa nel tragitto) e nel bollitore il calore viene trasferito all'acqua proveniente dall'acquedotto e quindi portato ai rubinetti (anche in questo tragitto una parte dell'energia termica viene persa).

Esistono anche flussi energetici più complessi, come quello dell'energia elettrica che, in Italia, viene prodotta principalmente da centrali a gas. Il gas deve essere estratto e per le operazioni di estrazione, stoccaggio e trasporto serve ulteriore energia. Sia nei gasdotti che nelle centrali termoelettriche si verificano perdite di energia, così come viene



persa una certa quantità di energia elettrica dagli elettrodotti, dagli allacciamenti e dalle cabine di trasformazione. Alla fine, per usare un chilowattora di energia elettrica nella nostra casa preleviamo dal pianeta una quantità di energia sottoforma di combustibili, cosiddetta “primaria”, equivalente a circa 2 o 3 kWh.

Il concetto di energia primaria rappresenta quindi la quantità totale di energia che usiamo e quantifica il nostro impatto energetico sull'ambiente. È però un numero che non coincide con l'energia che entra nella nostra casa e che, per esempio, misuriamo sul contatore.

Ricapitolando, ci sono tre modi per definire l'energia utilizzata:

- l'energia utile o energia netta, che esprime i nostri fabbisogni ed è l'energia che usiamo in una forma utile (calore per il riscaldamento o per l'acqua calda, illuminazione, lavoro delle apparecchiature domestiche, ecc.);
- l'energia fornita, cioè quella che entra nella nostra casa e che gli impianti (caldaia, lampadine, elettrodomestici, ecc.) trasformano in energia utile; l'energia fornita è sempre maggiore dell'energia utile perché la trasformazione dell'energia comporta delle perdite, la cui entità dipende dal rendimento dell'impianto;
- l'energia primaria, ovvero l'energia utilizzata da tutto il sistema, dalla fonte al cliente finale, quindi all'energia fornita si somma l'energia impiegata nelle operazioni di estrazione, stoccaggio, trasporto, trasformazione e consegna del vettore energetico.

La norma individua diversi indici energetici, che dividono l'energia primaria in:

- rinnovabile;
- non rinnovabile;
- totale, ossia la somma delle due precedenti.

L'Attestato di Prestazione Energetica ed i relativi meccanismi di classificazione energetica utilizzano prevalentemente gli indici di energia primaria non rinnovabile, mentre per i requisiti minimi, quando prevedono un limite alle prestazioni energetiche complessive dell'edificio, vengono utilizzati gli indici di energia primaria totale.

L'indice di energia primaria non rinnovabile ci fa capire l'impatto del nostro edificio sull'ambiente, in termini di utilizzo di risorse fossili e, quindi, di emissioni in atmosfera. L'aumento



*Esempio di lavorazione in cantiere: isolamento termico della muratura dalle fondazioni con elementi in vetro cellulare.*



*Esempio di lavorazione in cantiere: isolamento termico della muratura dalle fondazioni mediante riempimento dei laterizi con granuli di perlite.*

della quota di energia da fonti rinnovabili può ridurre l'indice di energia primaria non rinnovabile, fino ad annullarlo. Succede pertanto che, numericamente, l'energia primaria non rinnovabile possa essere inferiore all'energia fornita o addirittura pari a zero. Per questo motivo, l'indicatore di energia primaria non rinnovabile può non essere l'indicatore più adatto per descrivere il comportamento dell'edificio ed i relativi consumi: un valore di energia primaria non rinnovabile molto basso o quasi nullo, non significa necessariamente che l'edificio consumi poco o niente, ma solo che l'edificio consuma poca energia prodotta da combustibili fossili.

L'introduzione, tra i requisiti minimi, di un limite all'indice di energia primaria totale fa sì che, per esempio nelle nuove costruzioni, sia limitata la possibilità di realizzare edifici con prestazioni scarse compensate e mascherate da un impiego massiccio di fonti rinnovabili, ovvero edifici in cui risulta ridotto non il consumo energetico assoluto bensì solo il consumo di energia fossile. Dal punto di vista ambientale potrebbe non esserci grande differenza, ma dal punto di vista delle prestazioni, del comfort e dei costi di gestione sì. Oltre alla distinzione in energia rinnovabile, non rinnovabile e totale, gli indici di energia primaria sono divisi per i servizi energetici dell'edificio, la cui somma dà luogo all'indice globale. Pertanto, nell'Attestato di Prestazione Energetica, o nelle relazioni tecniche, troveremo indici denominati:

- $EP_{H,ren}$ ,  $EP_{H,nren}$ ,  $EP_{H,tot}$  per la climatizzazione invernale;
- $EP_{C,ren}$ ,  $EP_{C,nren}$ ,  $EP_{C,tot}$  per la climatizzazione estiva;
- $EP_{W,ren}$ ,  $EP_{W,nren}$ ,  $EP_{W,tot}$  per l'acqua calda sanitaria;
- $EP_{V,ren}$ ,  $EP_{V,nren}$ ,  $EP_{V,tot}$  per la ventilazione;
- $EP_{L,ren}$ ,  $EP_{L,nren}$ ,  $EP_{L,tot}$  per l'illuminazione;
- $EP_{T,ren}$ ,  $EP_{T,nren}$ ,  $EP_{T,tot}$  per i sistemi di trasporto degli edifici;
- e infine gli indici complessivi  $EP_{gl,ren}$ ,  $EP_{gl,nren}$ ,  $EP_{gl,tot}$ .

## LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA

La certificazione energetica degli edifici è stata annunciata – senza esiti – dalla Legge 10 del 1991. È entrata in vigore appena nel 2009, con l'approvazione dei regolamenti attuativi previsti dal decreto legislativo 192 del 2005, ed è stata infine aggiornata con le recenti modifiche delle norme tecniche e con l'emanazione del nuovo decreto ministeriale datato 26 giugno 2015.



*Esempio di lavorazione in cantiere: predisposizione della sigillatura di un giunto tra due porzioni di parete in legno.*

L'obiettivo, sia nazionale che europeo, è che tutti gli edifici siano gradualmente dotati di un Attestato di Prestazione Energetica (APE). Tale attestato ha il compito di informare l'utente sul comportamento energetico dell'edificio, così da privilegiare nelle compravendite, nelle locazioni e nelle ristrutturazioni quegli alloggi o quegli interventi maggiormente orientati all'efficienza energetica.

In Italia vige l'obbligo di redigere l'Attestato di Prestazione Energetica per tutti gli edifici e le unità immobiliari di nuova costruzione, quelli soggetti a ristrutturazione importante, quelli oggetto di compravendita, locazione o trasferimento anche a titolo gratuito (ricordiamo che in questi casi l'APE deve essere disponibile fin dall'inizio delle trattative). È generalmente richiesto l'APE anche nei casi di riqualificazione energetica che godono di incentivi e contributi, con alcune eccezioni che vanno verificate nei rispettivi bandi e decreti. Inoltre, sono interessati dall'obbligo di certificazione energetica gli edifici pubblici con superficie utile superiore a 250 mq e quelli in fase di rinnovo del contratto di gestione degli impianti termici. L'Attestato di Prestazione Energetica è basato su una stima dei fabbisogni energetici eseguita da un tecnico certificatore sulla base di un calcolo standardizzato. Lo scopo dell'APE è di consentire il confronto tra le prestazioni di diversi alloggi o edifici e non deve essere confuso con un documento di riepilogo dei consumi. Il confronto può essere fatto analizzando gli indici energetici o, più semplicemente, paragonando la classe energetica. Sugeriamo però di non soffermarsi sulla sola classe energetica perché il meccanismo di calcolo in vigore, basato sugli indici di energia primaria non rinnovabile e sul rapporto degli stessi con un cosiddetto "edificio di riferimento" non facilmente riconoscibile per chi non ha una specifica preparazione tecnica, potrebbe fornire un'indicazione non esaustiva o addirittura fuorviante. Val la pena quindi di dare sempre un'occhiata ai singoli indicatori, perché potrebbe accadere di trovarsi di fronte ad un immobile che ha una classe energetica migliore ma con fabbisogni più elevati.

## **RISTRUTTURAZIONE E DIAGNOSI ENERGETICA**

Oltre alle indicazioni energetiche sull'edificio e le sue componenti, nell'Attestato di Prestazione Energetica è riportata una sezione che raccoglie le raccomandazioni, ovvero un elenco delle opportunità di miglioramento energetico attraverso

interventi che possono comprendere la riqualificazione edilizia, la riqualificazione impiantistica, l'integrazione di sistemi per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Si tratta di una sorta di diagnosi energetica, semplificata e standardizzata, utile a fornire una prima indicazione sui benefici derivanti dai possibili interventi e sull'impegno economico per affrontarli, rappresentato dal tempo di ritorno semplice dell'investimento.

Cos'è la diagnosi energetica? È una procedura di analisi dell'edificio e degli impianti volta alla conoscenza delle specifiche modalità di consumo energetico: è uno strumento utile per sensibilizzare le persone sulle varie possibilità di riduzione dei consumi nelle proprie abitazioni e sui benefici derivanti dagli interventi di riqualificazione edilizia e impiantistica, come per esempio la sostituzione di una caldaia obsoleta o dei serramenti oppure la coibentazione di una facciata. La direttiva 2012/27/UE invita tutti gli stati membri a promuovere le diagnosi energetiche (anche definite audit energetici) presso i cosiddetti "clienti finali", cioè coloro che acquistano l'energia per il proprio consumo, tra i quali rientrano anche le famiglie.

In realtà, le informazioni che possiamo ricavare dall'Attestato di Prestazione Energetica sono di carattere generale. Se vogliamo orientare la scelta degli interventi verso le soluzioni tecniche e tecnologiche con il miglior rapporto costi/benefici, è consigliabile effettuare una diagnosi più accurata.

Nella diagnosi, oltre alle caratteristiche dell'edificio, si analizzano le influenze esterne sui consumi (come per esempio il clima), le consuetudini degli utenti, i periodi e le modalità di accensione degli impianti, l'andamento dei consumi e dei relativi costi, per definire un quadro economico che evidenzia i vantaggi ed i tempi di rientro degli investimenti energetici. Considerando anche gli incentivi e le detrazioni fiscali, spesso dalle diagnosi si possono ricavare scenari molto interessanti, indipendentemente dall'entità dell'investimento iniziale.

Inoltre, l'accuratezza della diagnosi energetica consente generalmente di avere, oltre ai dati energetici, anche informazioni sul miglioramento delle condizioni di comfort degli ambienti, sulla gestione dell'umidità, sui correttivi possibili nella gestione e manutenzione dell'edificio e degli impianti, sull'esposizione ai rischi di muffa e condensa interstiziale delle strutture, ecc.



*Esempio di lavorazione in cantiere: sigillatura per la tenuta all'aria dei punti di passaggio degli impianti elettrici attraverso la parete.*

## EDIFICI AD ENERGIA QUASI ZERO, CASA CLIMA E CASE PASSIVE

Su indicazione della direttiva europea 2010/31/UE sulle prestazioni energetiche degli edifici, anche la nostra legislazione ha introdotto l'obbligo dal 2021 – dal 2019 per gli edifici pubblici – di costruire i nuovi edifici con fabbisogni di energia quasi zero, generalmente indicati con l'acronimo nZEB (nearly zero energy building).

### COS'È UN EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO

L'edificio a energia quasi zero è caratterizzato da un'altissima prestazione energetica, determinata da un fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo che dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa quella prodotta in loco o nelle vicinanze. Questo è ciò che indica la direttiva europea 2010/31/UE. Il D.M. 26/05/2015 sui requisiti minimi energetici degli edifici introduce i valori numerici necessari per quantificare la definizione della direttiva. Finalmente abbiamo dei numeri che ci dicono cosa si intende con "altissima", "molto basso", "quasi nullo", "molto significativa".

Questi valori sono associati agli indici che abbiamo descritto nel capitolo precedente, pertanto per essere considerato nZEB un edificio deve avere un determinato livello di isolamento termico, una certa protezione dalla radiazione solare estiva, un controllo dei flussi di vapore, un adeguato rendimento degli impianti, una presenza minima di fonti rinnovabili sia termiche che elettriche, e deve rispettare un limite massimo per prestazione energetica invernale, estiva e complessiva. Non è possibile riportare in questa pubblicazione tutti i parametri del decreto ministeriale, che richiederebbero un ulteriore approfondimento tecnico. Possiamo però dire che i valori proposti dal legislatore risultano un po' troppo cauti, soprattutto se confrontati con gli standard edilizi per l'efficienza energetica più diffusi e ormai consolidati quali CasaClima (2002) e Passivhaus (1991): se associamo il concetto di "altissima prestazione" e "fabbisogno molto basso o quasi nullo" alle migliori pratiche edilizie, l'edificio a energia quasi zero descritto nel decreto ministeriale – pur avendo fatto un significativo passo avanti rispetto le norme precedenti – si ferma



Fiume Veneto (PN). Edificio unifamiliare CasaClima A (progetto arch. F. Florissi).



Santa Maria La Longa (UD). Edificio unifamiliare CasaClima A<sup>Plus</sup> (progetto CasaClima arch. M. Ferrari, ing. A. Macola, geom. M. Zamaro).



Passons (UD). Condominio CasaClima B con quattro appartamenti (progetto CasaClima Energetica Studio Associato).

ad un livello di prestazione energetica "abbastanza alta" o "alta" e un fabbisogno "abbastanza basso" o "basso". Si spiega così il motivo per cui, nonostante l'evoluzione legislativa, l'approccio e le caratteristiche del protocollo CasaClima e del Passivhaus rimangono un riferimento virtuoso nel mondo dell'edilizia a basso consumo e della sostenibilità energetico-ambientale.

Inoltre, le modalità di classificazione degli edifici utilizzate da CasaClima sono improntate ad una maggiore semplicità e intuitività, tant'è che ancora oggi molte pubblicazioni (libri, articoli, ecc.) quando citano le caratteristiche della casa in classe A fanno riferimento a CasaClima e non al metodo di certificazione nazionale.

A questo proposito va evidenziato che le linee guida per la certificazione energetica nazionale e le direttive tecniche CasaClima non coincidono perfettamente né nel metodo, né nello scopo, pertanto ci troviamo con risultati e classi energetiche che non possono sempre essere confrontati. La classe B di CasaClima non è la classe B di un Attestato di Prestazione Energetica e viceversa.

In più CasaClima, così come il Passivhaus, ha un approccio fortemente improntato alla qualità costruttiva, infatti la pratica di certificazione riguarda una serie di requisiti correlati all'efficienza energetica ma non tutti prettamente energetici, atti a salvaguardare nel tempo l'edificio e le sue prestazioni. Al contrario, i decreti nazionali separano quasi completamente l'attività di certificazione da quella progettuale che si occupa del rispetto dei requisiti minimi, eliminando la possibile influenza tra la certificazione energetica ed il processo costruttivo. Tale separazione è evidente: decreti diversi, indici energetici diversi, figure professionali diverse che producono documenti diversi.

L'approccio dei decreti nazionali è coerente con le finalità che il legislatore si è dato, ma la procedura non possiede quel valore aggiunto tipico di CasaClima, o del Passivhaus, che risiede nello stretto legame tra il processo di certificazione e la garanzia della qualità del progetto e della sua realizzazione.

### COS'È UNA CASA CLIMA

Il progetto CasaClima nasce in Alto Adige per opera della Provincia Autonoma di Bolzano (che tuttora detiene il marchio) all'inizio degli anni Duemila. Ben presto diventa

una norma provinciale, anticipando di qualche anno le disposizioni nazionali in materia; nel frattempo diversi territori, principalmente nel nord Italia, dimostrano interesse verso il sistema e ne favoriscono l'applicazione volontaria anche all'esterno della provincia altoatesina. In Friuli Venezia Giulia, l'Agenzia per l'Energia è tra i primi enti a sottoscrivere una convenzione con l'Agenzia CasaClima per utilizzare il protocollo nell'ambito delle proprie attività di promozione dell'efficienza energetica. Dei 650 cantieri CasaClima avviati in regione dal 2007, sono più di 320 quelli conclusi e certificati e, tra questi, circa il 20% sono edifici a zero emissioni e un ulteriore 10% contiene le proprie emissioni di CO<sub>2</sub> sotto i 5 kg/mq all'anno. Un panorama che pone il Friuli Venezia Giulia tra le regioni con i più alti risultati in tema di risparmio energetico nel settore delle nuove costruzioni. CasaClima prevede la certificazione degli edifici in 3 categorie (B, A e Oro) più la categoria R specifica per le ristrutturazioni e descritta nei paragrafi seguenti. Gli edifici CasaClima B hanno un fabbisogno di energia netta per riscaldamento annuo inferiore a 50 kWh/mq, che corrisponde – se alimentati a metano – a circa 5 mc di gas all'anno per ogni metro quadro di superficie abitabile. Rispettivamente, i fabbisogni massimi per gli edifici CasaClima A e Oro sono di 30 kWh/mq e 10 kWh/mq all'anno.

Per ottenere questi risultati è necessario un involucro ben isolato, a tenuta all'aria e senza ponti termici. Le verifiche di progetto devono comprendere la gestione della radiazione solare in inverno ed in estate, e la corretta gestione dei flussi di vapore. Di uguale importanza è il massimo sfruttamento possibile dell'energia rinnovabile.

Ma CasaClima non è solo una pura questione di fabbisogni energetici. Con le tre categorie CasaClima (B, A e Oro) identifichiamo tre possibili modelli di edificio a energia quasi zero (qui escludiamo un quarto livello possibile, che è consentito dalla legislazione nazionale ma, come detto in precedenza, può avere fabbisogni più alti e non avere necessariamente tutte le garanzie di qualità previste da CasaClima).

Una CasaClima B si costruisce con livelli di isolamento termico non molto diversi dai valori di riferimento della normativa attuale e, quindi, con extracosti praticamente nulli. I valori di tenuta all'aria previsti sono eventualmente compatibili con la presenza di stufe, caminetti o con il foro del gas della cucina,



Cordenons (PN). Edificio unifamiliare CasaClima A (progetto geom. S. Bot).



Forni di Sopra (UD). Ristrutturazione con ampliamento CasaClima A<sup>più</sup> (progetto CasaClima arch. U. Brollo).

anche se è sempre meglio evitare prese d'aria direttamente collegate con l'esterno. Il comportamento e i tempi di risposta dell'edificio non si discostano troppo da quelli tradizionali, quindi l'impianto di riscaldamento può essere scelto con ampia flessibilità spaziando dalle configurazioni più tradizionali ad altre maggiormente innovative.

La CasaClima A richiede spessori di isolamento maggiori, dai 16 ai 20 cm o più, e solitamente – ma non sempre – serramenti con triplo vetro. La presenza della ventilazione meccanica con il recupero del calore richiede un livello di ermeticità dell'edificio elevato, quindi non sarà possibile prevedere la cucina a gas se questa richiede il foro di ventilazione, mentre l'eventuale scelta di stufe e caminetti dovrà orientarsi verso prodotti con tenuta all'aria garantita e presa dell'aria dall'esterno e non dall'ambiente. I tempi di risposta dell'edificio si allungano rispetto agli edifici tradizionali, quindi nella scelta dell'impianto dovranno essere valutati con cura il dimensionamento e l'inerzia dei terminali di emissione per agevolare un controllo ottimale delle temperature interne. L'alta efficienza dell'involucro edilizio permette di installare ed integrare in modo altrettanto efficiente gli impianti di climatizzazione, sia invernale che estiva, di tipo innovativo. La CasaClima Oro è di fatto una casa passiva, con requisiti di coibentazione, di isolamento dei ponti termici e di tenuta all'aria ancora più stringenti. Generalmente, l'efficienza del recupero di calore della ventilazione meccanica viene maggiorata con sistemi di pre-riscaldamento e post-riscaldamento, che consentono di eliminare i sistemi convenzionali di distribuzione del calore nelle stanze. Gli impianti possono così essere semplificati – compensando i maggiori costi dell'isolamento – e possono sfruttare al massimo la produzione locale di energia da fonti rinnovabili.

## SCOPO DELLA CERTIFICAZIONE DI QUALITÀ

CasaClima è sinonimo di qualità e trasparenza. La valutazione dell'edificio secondo il protocollo CasaClima è effettuata in Friuli Venezia Giulia direttamente dall'Agenzia per l'Energia, ente terzo e non coinvolto nel processo edilizio, e rappresenta una garanzia per i committenti e per gli utenti.

La valutazione è il risultato di un duplice controllo: un primo esame dell'edificio avviene in fase progettuale a cui seguono





*Pordenone. Ricostruzione di un edificio residenziale CasaClima Oro e certificato Passivhaus (progetto energetico ing. B. Cassan).*

gli accertamenti in cantiere. Al termine dei lavori, superate positivamente tutte le verifiche di qualità richieste, compreso il test di tenuta all'aria, viene rilasciato il certificato CasaClima. Per valorizzare l'edificio, viene consegnata, oltre al certificato, anche la targhetta CasaClima. Solo gli edifici che superano tutte le verifiche in fase di progetto e di cantiere e garantiscono il rispetto degli standard di qualità CasaClima ricevono questo riconoscimento, che non è mai frutto di un'autodichiarazione. Il marchio CasaClima è soggetto a specifiche e restrittive regole di utilizzo ed è corredato da un codice specifico per ogni edificio certificato, che assicura che l'edificio è stato sottoposto ai necessari controlli di qualità. Più di dieci anni di esperienza e una qualità reale e verificabile hanno attribuito al marchio CasaClima attendibilità e credibilità. Purtroppo si verificano a volte utilizzi impropri delle classi energetiche e del termine "CasaClima": un edificio è realmente CasaClima solo in presenza del marchio.

Per la certificazione di qualità CasaClima non è richiesto l'utilizzo di materiali o impianti specifici, viene invece verificato il rispetto delle prestazioni termiche e dei requisiti di qualità, per assicurare, oltre al risparmio energetico, il comfort abitativo, la tenuta all'aria e l'assenza di ponti termici, per evitare nel tempo la formazione di muffe e possibili danni alle strutture.

Lo scopo del percorso di verifica è di coinvolgere tutti i soggetti che prendono parte al processo edilizio: i committenti, i progettisti, i fornitori e i costruttori. Lo scambio di opinioni e il confronto consentono di correggere o migliorare "in tempo reale" dettagli o soluzioni costruttive, qualora non rispondano adeguatamente ai requisiti di qualità. È importante che le verifiche siano continue e abbiano inizio sin dalle fasi progettuali, perché i controlli effettuati al termine dei lavori possono solamente constatare eventuali carenze o difetti, difficilmente rimediabili se non – generalmente – mediante interventi invasivi ed onerosi.

### **COS'È UNA CASA PASSIVA**

Tra i documenti che hanno portato alla stesura della direttiva europea 2010/31/UE, troviamo la Risoluzione del Parlamento europeo del 31 gennaio 2008 che auspica l'adozione di "un requisito vincolante in base al quale tutti gli edifici nuovi che

necessitano di un sistema di riscaldamento e/o raffreddamento dovrebbero rispettare le norme relative alle abitazioni passive". Nella versione definitiva della Direttiva, il riferimento diretto alla casa passiva è stato tradotto nel concetto di edificio a energia quasi zero. Resta il fatto che la casa passiva è il tipo di edificio che più si avvicina all'idea di fabbisogno quasi nullo. Il termine "passivo" deriva dal fatto che in questo tipo di edifici il ruolo "attivo" degli impianti di climatizzazione è ridotto al minimo, grazie ad un involucro edilizio perfettamente isolato. L'ottimizzazione delle soluzioni progettuali e costruttive, della coibentazione e del comportamento bioclimatico, è finalizzata alla captazione – cosiddetta passiva – dell'energia del sole e al mantenimento della stessa all'interno dell'abitazione per tempi molto lunghi. Questa è la garanzia per un alto livello di comfort e per un fabbisogno energetico quasi nullo: se il calore rimane all'interno dell'edificio non sono necessari sistemi di riscaldamento attivo, pertanto nella casa passiva non sono generalmente presenti sistemi di riscaldamento di tipo tradizionale, bensì impianti innovativi ad altissima efficienza che integrano la ventilazione meccanica e le fonti rinnovabili. Per capire quanto è ridotto il ruolo degli impianti, si può immaginare che una stanza di 20 mq in una casa passiva potrebbe essere riscaldata con solo 10 candele accese, oppure grazie al calore corporeo di 4 persone che vi abitano. Il tema della casa passiva è stato approfondito e codificato a partire dalla fine degli anni Ottanta a Darmstadt in Germania, dove i professori Wolfgang Feist e Bo Adamson hanno costruito la prima Passivhaus (1991) e fondato il Passivhaus Institut. Attualmente, il Passivhaus è uno standard internazionale in grado di soddisfare i requisiti di risparmio energetico e benessere abitativo in tutti i tipi di edifici, pubblici e privati, residenziali e non, nuovi e ristrutturati, e nelle diverse zone climatiche. Sono centinaia, nel mondo, le case passive che sono state sottoposte ad attività di monitoraggio, dimostrando che l'efficienza energetica progettata corrisponde ai consumi effettivi. Risparmio energetico e benessere sono argomenti strettamente collegati tra loro. Una casa passiva garantisce ai suoi abitanti un elevato livello di comfort e ridotti consumi di energia, grazie ad una serie di accorgimenti tecnici individuati da una progettazione attenta al dettaglio e concretizzati attraverso una realizzazione in cantiere precisa e scrupolosa.



*Palmanova (UD). Nuovo edificio unifamiliare CasaClima Oro e certificato Passivhaus (progetto geom. P. Gon e ing. P. Virgolini).*



*Ragogna (UD). Nuovo edificio unifamiliare CasaClima Oro (progetto ing. S. e F. Fistarol).*

L'elevato grado di isolamento termico, l'assenza di ponti termici, l'accurata progettazione di orientamento e dimensione delle finestre, assieme alla pressoché totale ermeticità dell'involucro, rappresentano i principi cardine per la progettazione di un edificio passivo, che ne rendono possibile il riscaldamento e il raffrescamento con il solo impianto di ventilazione controllata.

Progettare una casa passiva significa studiare soluzioni edilizie ed impiantistiche sempre più performanti e innovative. Non vuol dire dover vincolare il progetto ad una precisa modalità costruttiva, ma rispondere ad un insieme di requisiti prestazionali orientati al raggiungimento della massima efficienza energetica, requisiti che possono essere applicati a tutte le tipologie costruttive ed in tutti i contesti climatici. La casa passiva, quindi, può essere in muratura o in legno, con materiali da costruzione tradizionali o innovativi, con isolanti di origine naturale o sintetica, ecc. In tutti i casi, l'obiettivo principale è assicurare agli abitanti il massimo grado di comfort interno.

### LA RISTRUTTURAZIONE DI QUALITÀ, L'APPROCCIO DI CASA CLIMA R

Nel 2013, in ambito CasaClima è stato studiato un apposito protocollo per le riqualificazioni, più flessibile rispetto a quello per i nuovi edifici perché in grado di rispondere a specifiche esigenze, come ad esempio vincoli di carattere architettonico, urbanistico, paesaggistico, storico o monumentale, oppure limitazioni legate a motivi igienico-sanitari, alle distanze minime o all'adiacenza con altre proprietà.

Il protocollo si chiama CasaClima R ed è finalizzato a ridurre i consumi energetici degli edifici esistenti, a garantire salubrità e miglior comfort agli abitanti e a risolvere le problematiche in atto o che si potrebbero verificare come conseguenza dell'intervento stesso. Dare valore all'edificio attraverso il risanamento significa innanzitutto riuscire a sfruttarne appieno il potenziale di miglioramento, evitando allo stesso tempo di compromettere altre qualità.

CasaClima R è inoltre un'opportunità anche per tutti quei proprietari di appartamento che, seppur impossibilitati ad intervenire sull'intero edificio per gli ostacoli posti dalla struttura



*Coderno di Sedegliano (UD). Ristrutturazione in corso di certificazione CasaClima (progetto ing. D. Pepe)*



*Basiliano (UD). Condominio con quattro appartamenti ristrutturato e certificato CasaClima B (progetto CasaClima Energetica Studio Associato).*



*San Giovanni al Natisone (UD). Ristrutturazione CasaClima B (progetto arch. M. Ferrari, ing. A. Macola)*

o dagli altri condomini, intendono tuttavia riqualificare la propria residenza nel segno dell'efficienza energetica e della qualità costruttiva. La riqualificazione oggetto della certificazione CasaClima R può infatti riguardare sia interi edifici sia singole unità abitative.

### MONITORAGGI: DAL CERTIFICATO ENERGETICO AI CONSUMI REALI

C'è sempre una differenza, piccola o grande, tra gli indici energetici del certificato e i consumi reali di un edificio. Le cause di questa divergenza sono molteplici e dipendono da vari fattori: le differenze di approccio ai calcoli da parte dei vari progettisti, gli eventuali errori operativi, le difformità tra calcolo, progetto e cantiere, il livello di qualità delle opere, le condizioni climatiche effettive in un dato periodo e le abitudini dell'utente.

Ciò non significa che la certificazione energetica sia "sbagliata": essa ha lo scopo di poter confrontare le prestazioni di edifici diversi, quindi gli indici vengono calcolati a parità di condizioni interne ed esterne e sono basati su una serie di parametri che descrivono un utente tipo con abitudini standard e un anno tipo con condizioni climatiche standard.

Le condizioni reali possono differenziarsi da quelle standard per molti motivi: numero di persone che abitano la casa, tempi e modi di occupazione e utilizzo, tempi di accensione degli impianti e degli elettrodomestici, impostazione delle temperature interne di riscaldamento e raffrescamento, frequenza dei ricambi d'aria nelle stanze, modalità di ombreggiamento invernale ed estivo, andamento delle temperature esterne, dell'umidità, della nuvolosità e, conseguentemente, dell'irraggiamento solare.

In conclusione, visto l'elevato numero di cause che possono indurre una variazione dei consumi, possiamo aggiungere che non solo è complicato confrontare i consumi con gli indici energetici, ma è anche difficile individuare il motivo della variazione senza un'indagine approfondita.

Nel corso del 2014, APE FVG ha condotto una campagna di monitoraggio su una ventina di edifici certificati CasaClima, con l'obiettivo di verificare quanto le stime sui fabbisogni energetici effettuate in fase di progetto si discostino dal comportamento reale dell'edificio in uso.

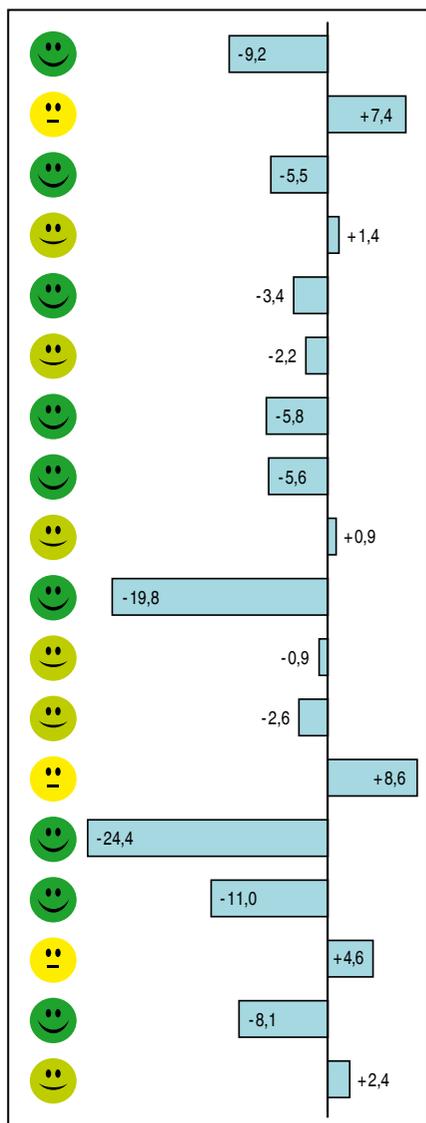


Fig. 1. Differenza tra i consumi monitorati e le stime di calcolo del certificato CasaClima in kWh/m<sup>2</sup> all'anno.

Legenda:

- 😊 consumi più bassi delle previsioni
- 😊 consumi allineati con le previsioni
- 😐 consumi lievemente maggiori
- 😞 consumi molto maggiori

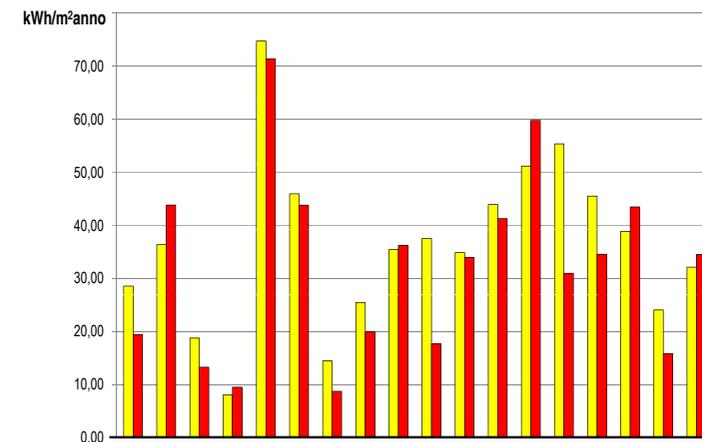
La classe CasaClima è basata sul fabbisogno termico per riscaldamento, pertanto abbiamo raccolto i dati di consumo dei vari edifici per confrontarli con i rispettivi indici energetici riportati nel certificato.

Abbiamo detto che possono essere tante le ragioni di una possibile divergenza tra gli indici del certificato e i consumi. Pertanto, per confrontare correttamente i consumi con il certificato bisogna indagare le differenze tra le condizioni reali, le previsioni di progetto e le condizioni standard di calcolo. Le verifiche di qualità della procedura CasaClima consentono di ridurre al minimo alcune delle variabili, mentre altre di queste possono essere monitorate ed il calcolo può essere rifatto utilizzando i dati effettivamente registrati al posto di quelli standard. Si ottiene quindi un indice, che abbiamo definito *EP normalizzato*, in cui l'influenza delle variabili è ridotta al minimo: i consumi, se l'edificio risponde alle aspettative, dovrebbero essere simili a questo indice.

Il confronto tra i consumi degli edifici ed i rispettivi indici energetici necessita quindi di due elaborazioni preliminari, una sui consumi ed una sugli indici. Dal dato di consumo – ottenuto dalle letture periodiche del contatore o dai riepiloghi delle bollette e trasformato in chilowattora in base al potere calorifico del combustibile – abbiamo stimato e sottratto la quantità di energia dovuta agli usi diversi dal riscaldamento (acqua calda sanitaria, usi cottura, ecc.). A questo è stato aggiunto l'eventuale contributo delle fonti rinnovabili che non è compreso nella misura del contatore o nella bolletta. Il valore ottenuto, diviso per la superficie riscaldata, rappresenta l'*indice di consumo monitorato*.

Nel contempo, abbiamo elaborato ed aggiornato l'*indice termico CasaClima* (quello ottenuto dal calcolo della certificazione), applicando i dati specifici della località in cui si trova l'edificio registrati nel periodo di monitoraggio: temperature esterne e dati di irraggiamento solare, temperature interne, giorni di riscaldamento e gradi giorno. Aggiungendo infine le perdite di calore del sistema impiantistico, si è ottenuto l'*indice EP normalizzato*. I risultati dell'indagine sono molto soddisfacenti: dalla comparazione dell'*indice EP normalizzato* con l'*indice di consumo monitorato* emerge che i consumi degli edifici CasaClima soggetti al monitoraggio sono in linea con le aspettative (fig. 1 e 2). In generale, i valori registrati sono molto vicini (leggermente più bassi o leggermente più alti)

Fig. 2. Confronto tra l'indice EP normalizzato (colonne gialle) e i consumi monitorati (colonne rosse).

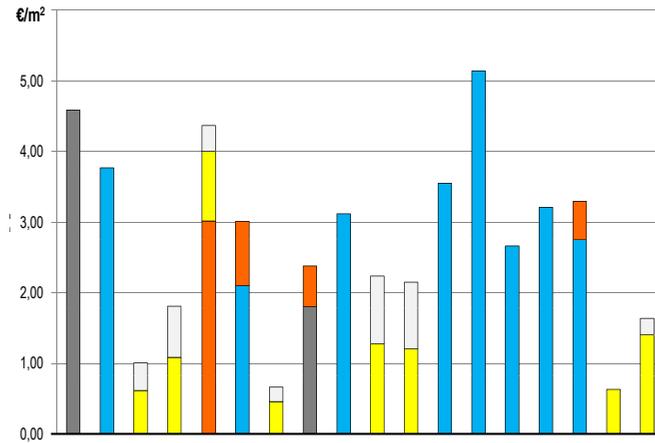


ai valori calcolati in fase di certificazione CasaClima. Alcuni edifici presentano consumi nettamente inferiori alle stime di calcolo, mentre non si verifica nessun caso di consumi nettamente superiori.

Questi risultati convalidano la qualità della procedura di certificazione CasaClima e la capacità della stessa di controllare in modo adeguato le variabili progettuali e costruttive: in questo caso, una classe A è effettivamente una classe A!

Costruire una CasaClima significa dunque avere la garanzia del risparmio energetico, anche dal punto di vista dei costi. A tal proposito, nel grafico che segue (fig. 3) abbiamo riportato i costi per il riscaldamento desunti dai consumi del periodo di monitoraggio. Per confrontare in modo omogeneo i vari casi studio, i costi sono riportati per metro quadro di superficie riscaldata e sono stati calcolati utilizzando prezzi standard per i diversi combustibili (in €/kWh: metano 0,086, gpl 0,243, gasolio 0,14, legna 0,047, pellet 0,071, corrente elettrica 0,19). Non sono state utilizzate direttamente le bollette energetiche per evitare difformità legate ai diversi contratti di fornitura. Si nota che negli edifici monitorati i costi per riscaldamento sono sempre inferiori a 5 €/mq. Una CasaClima B dovrebbe avere un fabbisogno annuo massimo di 50 kWh/mq che equivalgono a circa 5 mc di gas per metro quadro. Considerando il prezzo del gas sopra riportato e la maggiorazione del fabbisogno dovuta alle perdite di impianto, ai 50 kWh/mq corrispondono circa 5 €/mq, pertanto anche da questo punto di vista le aspettative sono state mantenute.

Fig. 3. Costi annui per riscaldamento, per metro quadro di superficie riscaldata. I colori si riferiscono al tipo di combustibile utilizzato, a cui sono applicati i prezzi standard riportati nel testo. Legenda dei combustibili: grigio scuro = GPL, azzurro = metano, arancio = legna, giallo = corrente elettrica, bianco = elettricità autoprodotta da fotovoltaico.



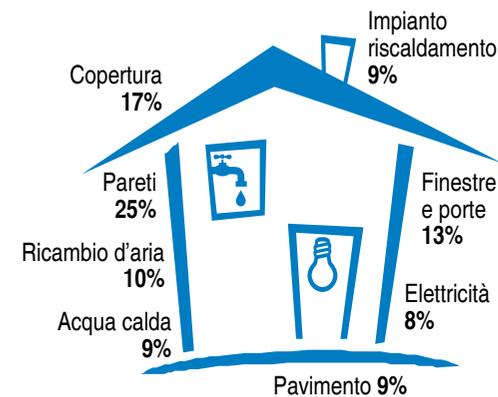
## COMPONENTI E MATERIALI

### MIGLIORARE L'INVOLUCRO EDILIZIO

Gran parte dell'energia utilizzata nelle nostre case, soprattutto quella che serve al riscaldamento, viene sprecata: questo accade perché spesso i nostri edifici non sono in grado di trattenere adeguatamente il calore al proprio interno. Per utilizzare una metafora, se cerchiamo di riempire un secchio bucato, dovremo utilizzare molta acqua, che verrà persa attraverso i fori mano a mano che la versiamo: quindi la prima cosa da fare è tappare i buchi. Allo stesso modo, parte dell'energia immessa nelle nostre case viene dispersa attraverso tutti gli elementi che delimitano l'edificio verso l'esterno, cioè pareti perimetrali, tetto, solai, serramenti, che non sono sufficientemente isolati.

Un involucro termicamente ben isolato permette di ridurre le spese per il riscaldamento d'inverno e per il raffrescamento d'estate. Inoltre, porta ad un aumento del comfort abitativo, della durabilità e del valore dell'immobile.

Isolare vuol dire anche curare la tenuta all'aria e al vento, che sono decisive per comfort e risparmio: no a fessure o crepe che lasciano fluire l'aria calda e umida verso l'esterno e che possono causare la dannosa condensa interstiziale, e no a spifferi che permettono l'ingresso indesiderato di aria fredda. Attenzione, spifferi e fessure non servono a far "respirare" la casa! Piuttosto deve essere valutata la corretta gestione dell'umidità attraverso la scelta di materiali con un livello adeguato di traspirabilità al vapore e con l'aerazione dei locali che si può fare aprendo le finestre o con specifici impianti di ventilazione. In previsione di un intervento edilizio, quindi non si può parlare esclusivamente di coibentazione termica, ma fin dalla progettazione vanno considerate anche le prestazioni estive, la traspirabilità e l'igroscopicità delle strutture, attraverso verifiche, simulazioni, analisi dei ponti termici, ecc. Nelle nuove costruzioni è generalmente più facile raggiungere i risultati migliori, ma anche i vecchi edifici possono migliorare le prestazioni energetiche grazie ad una riqualificazione a regola d'arte. Ristrutturare correttamente porta a ridurre la propria bolletta energetica, aumentare il comfort in casa e contribuire attivamente alla tutela del clima.



Esempio di ripartizione dei consumi e delle dispersioni di energia in un edificio residenziale.

## Orientamento

Alcuni degli aspetti che rendono energeticamente efficiente un edificio possono essere considerati solo nel caso di nuove costruzioni: alle nostre latitudini, una localizzazione dell'immobile che eviti posizioni troppo ombreggiate o esposte ai venti freddi invernali è senz'altro più vantaggiosa. Un buon orientamento rispetto al sole riduce i consumi valorizzando gli apporti solari.

Quando è possibile, meglio scegliere una forma allungata in direzione est-ovest, con soggiorno e camere da letto sul lato sud e stanze di servizio a nord, dove limitare le finestre per ridurre le perdite. In questo modo, è anche possibile un ottimale sfruttamento attivo dell'energia solare, posizionando pannelli fotovoltaici o solari termici sulla falda inclinata esposta a sud.

## Rapporto S/V

Anche la forma dell'edificio influisce sulle perdite di energia: quanto più è compatta, cioè più è basso il rapporto tra l'area delle superfici disperdenti ed il volume riscaldato (S/V), tanto minori saranno le dispersioni. Un edificio cubico e con una volumetria non troppo articolata in portici, terrazze, aggetti, riduce le superfici a contatto con l'esterno e quindi i fabbisogni energetici, rispetto a una casa dello stesso volume ma dalla forma meno compatta.

Per esemplificare, da questo punto di vista è preferibile una casa su due piani rispetto ad una casa con la stessa superficie abitabile disposta su un solo piano. Da un punto di vista economico, più superfici esterne si traducono anche in più pareti da costruire e da isolare, con un incremento dei materiali utilizzati e dei costi.

Oltre agli aspetti energetici, non bisogna dimenticare che un edificio compatto riduce anche il consumo del suolo e la sua cementificazione, causa di impermeabilizzazione del terreno e delle cosiddette isole di calore urbane.

## PROGETTAZIONE INTEGRATA

Quando un committente intende costruire o ristrutturare un'abitazione che sia anche efficiente dal punto di vista energetico, il primo passo da fare è definire gli obiettivi e le proprie aspettative sul risultato finale, anche in base alla disponibilità delle proprie risorse.



Udine. Condominio con 4 appartamenti certificato CasaClima Oro<sup>nature</sup> (progetto arch. E. Gatti).



Udine. Condominio e case a schiera CasaClima B (progetto arch. P. Piccinin, progetto CasaClima arch. C. Dario).

Per fare questo è necessario acquisire informazioni chiare e concrete sulle possibilità e sulle tecnologie offerte dal mercato ed avvalersi fin da subito dell'assistenza di uno o più professionisti esperti nel settore delle costruzioni ad alta efficienza energetica.

Sia per le nuove costruzioni che per le ristrutturazioni, il ruolo del progettista è fondamentale, in quanto l'efficienza energetica non si improvvisa, ma va progettata con competenza.

Anche artigiani, posatori e imprese sono protagonisti nella costruzione dell'efficienza energetica in quanto hanno il compito di concretizzare la qualità del progetto.

È proprio in questo contesto di molteplici attori che si parla di *progettazione integrata*: se ciascuna figura coinvolta – committente incluso – condivide e comunica i propri obiettivi in modo efficace con gli altri, il traguardo prefissato di efficienza energetica sarà senz'altro più facilmente raggiungibile.

## INVOLUCRO EDILIZIO E DISPERSIONI TERMICHE

L'involucro è quello strato edilizio che protegge gli ambienti abitati da quelle sollecitazioni esterne (clima, rumori, inquinamento, ecc.) che sono negative per la qualità della vita.

Le funzioni a cui l'involucro edilizio deve rispondere sono diverse: strutturali e antisismiche, acustiche (in riferimento alle proprietà fonoassorbenti o fonoisolanti dei materiali), igroscopiche, termiche, estetiche, di protezione e in certi casi anche di captazione (rispetto all'acqua, al vento, alla luce e alla radiazione solare termica). Rispetto agli edifici storici, gli elementi costruttivi oggi sono più complessi, dovendo assolvere a tutte le funzioni sopra elencate e comprendere, oltre ai più "tradizionali" strati strutturali e di rivestimento, anche quelli per l'isolamento termico e acustico, quelli per la tenuta all'aria e al vapore, quelli per contenere gli impianti.

Prima di parlare di coibentazione, è opportuno fare un cenno alle modalità di trasmissione del calore ed alle grandezze fisiche di riferimento per comprendere meglio i meccanismi di isolamento termico.

Il passaggio di calore da un corpo ad un altro, più precisamente da un corpo più caldo ad uno più freddo, può avvenire in tre modi:

- per conduzione, cioè per contatto diretto tra le molecole di due corpi a diversa temperatura;



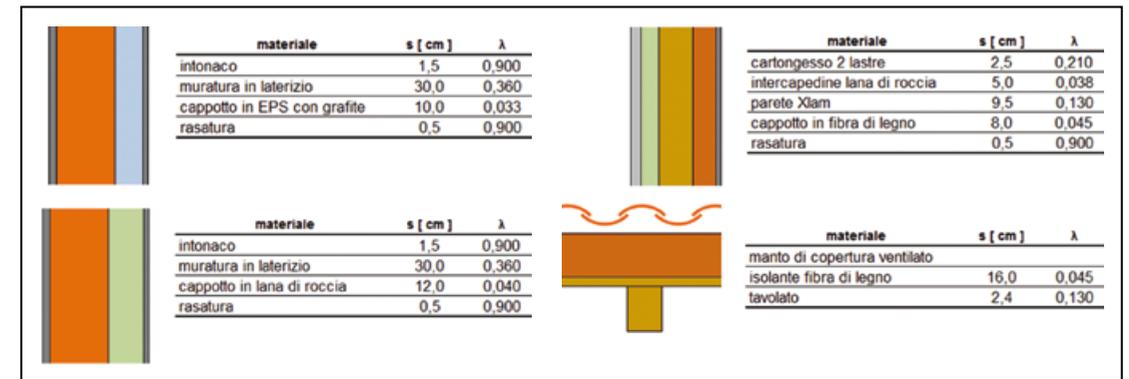
Esempio di lavorazione in cantiere: isolamento con due strati di XPS della parete in prossimità dell'attacco a terra, prima fase della realizzazione del rivestimento a cappotto.

- per convezione, con il movimento delle molecole di un liquido o di un gas, come l'aria, interposto tra due corpi;
- per irraggiamento, sfruttando le onde elettromagnetiche irradiate da un corpo più caldo verso uno più freddo.

Se dobbiamo valutare il passaggio di calore attraverso gli elementi dell'involucro edilizio, che sono costituiti da diversi materiali solidi in sequenza, facciamo principalmente riferimento alla conduzione. Le grandezze fisiche che useremo sono:

- la conduttività (o conducibilità) termica  $\lambda$ , che misura l'attitudine di un materiale a trasmettere il calore. È una proprietà fisica del materiale, che non riguarda la sua forma o la sua posa, ma può essere influenzata dalla percentuale di umidità contenuta nel materiale stesso. Convenzionalmente, un materiale da costruzione si considera termoisolante se è caratterizzato da un  $\lambda$  inferiore a 0,1 W/mK. Più è piccolo il valore, più è alto l'effetto isolante del materiale;
- la resistenza termica R, intesa come il rapporto tra lo spessore scelto per il materiale e la sua conduttività ( $R = s / \lambda$ ). Esprime la difficoltà del calore ad attraversare uno strato di un materiale con un determinato spessore. La resistenza termica totale di una parete (o di un solaio, o di un tetto, ecc.) corrisponde alla somma delle resistenze termiche dei singoli strati. Più alto è il valore di resistenza termica, migliori sono le prestazioni termiche;
- la trasmittanza termica U, quale reciproco della resistenza ( $U = 1 / R$ ). Indica la potenza termica (W) che può essere scambiata da un metro quadro di parete (o solaio, o finestra, ecc.) per ogni grado di differenza di temperatura (K) tra interno ed esterno. Si misura in W/m<sup>2</sup>K e più piccolo è il valore, migliore è l'effetto di isolamento termico.

I materiali con conduttività molto bassa (materiali isolanti) sono quelli che incidono di più sulla riduzione della trasmittanza termica. Ne consegue che la scelta di materiali con cattive prestazioni isolanti (cioè con alta conduttività termica) impone spessori maggiori per garantire gli stessi risultati di isolamento termico. Ad esempio, per avere la stessa trasmittanza termica U pari a 0,4 W/m<sup>2</sup>K, sarebbero necessari ben 6 metri di calcestruzzo armato, oppure 90 cm di mattoni forati, o 32 cm di legno di conifera, o solo 10 cm di materiale isolante come l'EPS o la lana di roccia.



Quattro esempi di strutture coibentate, tutte con valore di trasmittanza termica U pari a 0,25 W/m<sup>2</sup>K.

Per i componenti opachi dell'involucro, la normativa oggi indica valori di trasmittanza termica massimi tra 0,24 e 0,3 W/m<sup>2</sup>K, che variano in funzione della zona climatica e del tipo di struttura interessata (pareti, coperture o pavimenti). In maniera del tutto indicativa, possiamo associare a tali valori uno spessore medio di isolamento termico che oscilla tra i 10 e i 14 o talvolta 16 cm; sottolineiamo però che la trasmittanza va calcolata caso per caso, determinando lo spessore di isolamento richiesto in base alle proprietà del materiale prescelto e degli altri materiali della struttura analizzata.

## ISOLAMENTO TERMICO

L'isolamento termico è dunque fondamentale per evitare le dispersioni di calore, ma come si realizza?

### Pareti

La posizione dello strato isolante sulle pareti può variare: in linea generale, la posizione migliore è quella sulla facciata esterna, prevedendo la protezione dell'isolante con un sottile intonaco (come nei sistemi "a cappotto") o con una controparete. Questa posizione consente di prevenire buona parte dei possibili fenomeni di condensa nelle murature. Per gli isolamenti a cappotto, o ETICS dall'acronimo inglese External Thermal Insulation Composite System, si raccomanda di avvalersi di sistemi completi che garantiscano la piena compatibilità tra tutti i componenti (struttura di supporto, materiale isolante, collanti e rasanti, finiture, tasselli, accessori)

e di accertarsi che le modalità di posa rispettino le indicazioni delle linee guida europee per l'applicazione dei sistemi a cappotto redatte dal consorzio Cortexa.

In alternativa allo strato esterno, l'isolante può essere posato sul lato interno o anche sfruttando un'intercapedine, se esistente. In quest'ultimo caso, si possono utilizzare anche materiali isolanti sfusi che possono essere insufflati nella cavità (per esempio fiocchi di cellulosa). Sono modalità di isolamento diffuse soprattutto nelle ristrutturazioni, quando non è possibile modificare le facciate o quando si isolano singoli appartamenti e non si riescono a coinvolgere gli altri condomini.

L'isolamento interno o in intercapedine di un edificio esistente è spesso condizionato dalle interruzioni (ponti termici) dovute alle strutture, quali travi e pilastri, solai di interpiano, pareti interne, ecc. Inoltre, il progetto dell'isolamento interno deve essere accompagnato da opportune verifiche sui flussi d'aria e di vapore attraverso la parete, affinché siano evitati problemi di degrado nel tempo dovuti a condense interstiziali o alla formazione di muffe superficiali.

### Condense interstiziali

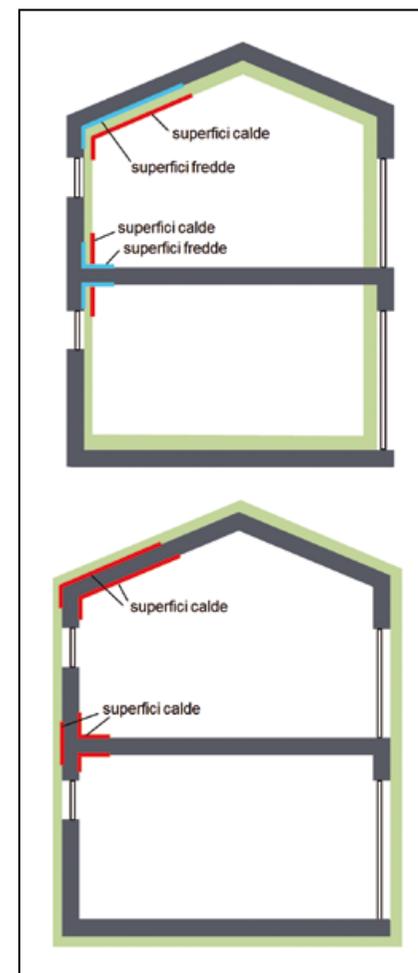
Le condense interstiziali si formano quando la temperatura superficiale di uno strato interno alla struttura è sufficientemente fredda da provocare la condensazione del vapore acqueo ivi presente.

Il vapore, che viene normalmente prodotto e accumulato negli ambienti domestici e che fuoriesce dall'edificio principalmente ricambiando l'aria, migra verso l'esterno anche attraverso i materiali dell'involucro edilizio, in funzione del grado di permeabilità al vapore dei materiali stessi, e attraverso eventuali spifferi e fessure dovuti a imperfezioni costruttive, giunti e passaggi di impianti. Nel suo percorso verso l'esterno, se il vapore incontra una superficie sufficientemente fredda può condensare, trasformandosi in acqua che, accumulandosi, può compromettere le prestazioni dei materiali o, addirittura, danneggiarli.

Nel caso dell'isolamento posto sul lato esterno, la possibilità di punti freddi all'interno della struttura è ridotta al minimo se non del tutto eliminata. Con l'isolamento interno o in intercapedine, invece, gli strati strutturali esterni al coibente rimangono freddi e la possibilità di condensa aumenta. Il problema può essere



Esempio di lavorazione in cantiere: sigillatura del giunto tra una trave in legno e la parete per garantire la tenuta all'aria.



Lo schema illustra il problema che sta alla base delle condense interstiziali, in due casi: isolamento termico sul lato interno o esterno delle strutture edilizie. Quando la coibentazione è interna la struttura rimane al freddo e le superfici di interfaccia potrebbero scendere a temperature sufficientemente basse, tali da innescare fenomeni di condensa.

comunque gestito attraverso un'opportuna scelta di materiali che riduca la quantità di vapore che entra nelle strutture, anche ricorrendo ad appositi teli più o meno impermeabilizzanti.

### Tetto

L'isolamento dei tetti degli edifici dipende dal tipo di copertura presente.

In caso di sottotetti abitati con coperture inclinate in legno, si può posare l'isolamento fra le travi oppure al di sopra di esse. In entrambi i casi, considerando che il tetto è l'elemento maggiormente sollecitato in estate dalla radiazione solare, si raccomanda di fare attenzione ai materiali impiegati per ottenere anche una buona protezione dal surriscaldamento estivo.

Se c'è una soffitta, invece, l'isolante può essere posato in modo più semplice ed economico direttamente sul solaio, cercando di rivestire tutte le strutture che potrebbero rappresentare dei ponti termici.

### Solaio verso piani interrati o terreno

La percezione di freddo dal pavimento che separa la casa dal terreno o dalla cantina può essere molto fastidiosa, oltre al fatto che anche questo solaio, se non è isolato, disperde energia.

Nella ristrutturazione, si può porre rimedio applicando uno strato isolante sul lato inferiore del solaio, sfruttando il piano interrato. Se il solaio è contro terra, l'intervento è più complicato perché bisogna metter mano ai pavimenti e le altezze interne delle stanze possono rappresentare un vincolo operativo (esistono materiali molto isolanti per l'utilizzo in spessori ridotti, ma sono più costosi). Nei casi in cui è possibile metter mano a tutto il pavimento, si raccomanda di posizionare il materiale coibente all'esterno dello strato in cui passano gli impianti idrici, termici e di ventilazione.

### MATERIALI ISOLANTI

Per diminuire il flusso di calore attraverso gli elementi dell'involucro edilizio è necessario rivestirli con materiali termoisolanti. In commercio ne troviamo di diversi tipi, con diverso peso specifico, possono avere una struttura di tipo fibroso oppure a celle chiuse, possono essere prodotti

## COMFORT E TEMPERATURE SUPERFICIALI

Il livello di comfort è rappresentato dal grado di soddisfazione di un individuo nei confronti dell'ambiente in cui si trova e dipende sia da parametri soggettivi (metabolismo, genere, corporatura, età, abbigliamento, attività, salute, ecc.) che da parametri ambientali più facilmente misurabili (temperatura, umidità e velocità dell'aria).

Pur trattandosi di uno stato soggettivo, è comunque possibile influenzare la percezione del comfort controllando le variabili ambientali, quali per esempio la temperatura dell'aria e la temperatura superficiale degli oggetti circostanti. Dal punto di vista termico, si parte dal presupposto che due corpi che si trovano a temperature diverse scambiano energia tra loro finché non viene raggiunto l'equilibrio. Circa metà dello scambio termico tra una persona e l'ambiente circostante avviene per convezione con l'aria, l'altra metà per irraggiamento con le superfici circostanti (pareti, soffitto, pavimento, ecc.): perciò, quando parliamo di comfort

termico, non possiamo considerare solo la temperatura dell'aria. È molto più significativo considerare la cosiddetta "temperatura operante", che è calcolata mediando la temperatura dell'aria con le temperature superficiali.

Le migliori condizioni di comfort si registrano con una temperatura operante compresa tra 20 e 24°C: se le pareti, i vetri delle finestre ed il pavimento o il soffitto hanno temperature superficiali basse (per esempio 14-15°C, fino a 10-12°C sui vetri, nel caso di un edificio non coibentato), per ottenere una temperatura operante confortevole dovremo alzare la temperatura dell'aria ben oltre i tradizionali 20°C, aumentando sensibilmente i consumi per riscaldamento (ogni grado in più della temperatura dell'aria comporta un aumento dei consumi del 5-7%).

Isolare un edificio non solo riduce i consumi in conseguenza delle minori dispersioni termiche, ma migliora le condizioni di comfort interne ed evita anche quella parte di consumi necessaria per compensare le basse temperature superficiali.

con materie prime di origine fossile o minerale o vegetale o con materiali di riciclo; questa varietà di soluzioni consente di scegliere il tipo di isolante che meglio si abbina con gli altri materiali della costruzione, con le esigenze di posa e di utilizzo.

Come per la gran parte dei materiali da costruzione, anche i materiali isolanti per l'edilizia devono essere provvisti della marcatura CE ai sensi del Regolamento europeo 305/2011 e del decreto legislativo 106/2017. Salvo rare eccezioni, la marcatura CE deriva dalla dichiarazione di prestazione del fabbricante (DoP) redatta sulla base delle norme tecniche armonizzate (in Italia emanate dall'UNI) o, quando non previste, sulla base di una valutazione tecnica europea (ETA). La marcatura CE rappresenta una sorta di "carta



*Esempio di lavorazioni in cantiere: sistema di isolamento a cappotto in EPS grigio e, sotto, metodo di incollaggio dei pannelli isolanti.*

di identità" del materiale e ne riporta le caratteristiche essenziali: per i materiali isolanti sarà quindi sicuramente indicata la prestazione termica (generalmente la conduttività  $\lambda$  e la resistenza termica R).

Oltre ai valori prettamente termici, la scelta del materiale isolante va fatta considerando anche:

- la densità ed il calore specifico, indici di quello che può essere il contributo del materiale alla protezione dal surriscaldamento estivo;
- la permeabilità al vapore e l'igroscopicità, per stimare il comportamento del materiale rispetto ad acqua, umidità e vapore;
- le proprietà acustiche di fonoisolamento e fonoassorbimento, per gestire l'isolamento dai rumori aerei (per esempio il traffico esterno, oppure i rumori provenienti dalle unità abitative confinanti) o da impatto (per esempio il calpestio, o l'isolamento acustico degli impianti);
- eventuali proprietà strutturali, generalmente la resistenza a compressione per gli usi all'interno di pavimenti o in presenza di pesi significativi;
- le modalità di posa e la compatibilità con il supporto e con le finiture, nonché eventuali difficoltà che potrebbero aumentare i costi di installazione di alcuni materiali rispetto ad altri;
- la necessità di introdurre strati protettivi rispetto al fuoco, l'acqua, l'umidità, eventuali parassiti, ecc.;
- il livello di sostenibilità ambientale del materiale, che dipende non solo dalle materie prime utilizzate, ma anche dal consumo di energia e risorse in fase di produzione e trasporto, dalla quantità e dalla nocività dei rifiuti, dei reflui e delle emissioni dovute alle varie lavorazioni e processi, dalle modalità di smaltimento e dalle possibilità di riciclo in fase di dismissione, tutto ciò in rapporto alla durabilità del materiale ed alle prestazioni offerte. La valutazione accurata di questi parametri viene chiamata analisi del ciclo di vita del prodotto (LCA) e non è sempre facile da eseguire perché alcuni dati sono difficili da reperire.

Nelle pagine che seguono sono brevemente descritti i materiali isolanti più utilizzati.

## Polistirene sinterizzato espanso (EPS)

Comunemente chiamato polistirolo, si ricava mediante un processo chimico che utilizza benzolo ed etilene, prodotti del petrolio e del metano.

È un materiale leggero con densità che varia tra 15 e 30 kg/m<sup>3</sup> ed una conduttività  $\lambda$  di 0,036-0,04 W/mK, che può essere ridotta fino a 0,031-0,034 W/mK nel caso dell'EPS grigio (additivato con grafite).

È adatto a diverse lavorazioni ed è uno dei materiali più usati per i rivestimenti a cappotto, grazie ai costi contenuti ed alla facilità di lavorazione e posa.

Oltre che in pannelli, si trova in commercio anche sottoforma dei cosiddetti blocchi cassero, cioè dei blocchi cavi che vengono impilati per la costruzioni di pareti e fungono da casseri a perdere termoisolanti per il getto del calcestruzzo.

Visto il peso ridotto, la posa dell'EPS sui tetti in legno va ponderata attentamente perché la soluzione potrebbe non garantire un'adeguata protezione al surriscaldamento estivo.

## Polistirene estruso (XPS)

Materiale della famiglia dei polistiroli ma da non confondere con l'EPS, l'XPS viene prodotto dal polistirolo per fusione in combinazione con un gas espandente.

Rispetto all'EPS, il materiale risulta più rigido e omogeneo, ha una buona resistenza a compressione e non assorbe l'acqua. È commercializzato generalmente in colori pastello (azzurro, verde, rosa, giallo, ecc.).

Ha una densità intorno ai 35 kg/m<sup>3</sup> ed un  $\lambda$  di circa 0,035 W/mK.

È molto adatto per applicazioni in ambienti esposti all'acqua o in presenza di sollecitazioni a compressione, quindi viene usato per:

- isolamento della zoccolatura del cappotto
- raccordi isolanti sotto soglie e davanzali
- isolamento esterno di piani interrati
- isolamento di tetti piani e terrazze
- isolamento di soffitti e pavimenti
- isolamento di solai all'interno dei massetti
- isolamenti di pareti in intercapedine
- isolamento e supporto dei sistemi radianti

È più raro nella realizzazione di cappotti e, in questi casi, deve essere usato un XPS specificatamente commercializzato per questo utilizzo.

Per quanto riguarda i tetti in legno, vale la considerazione fatta per l'EPS.

## Poliuretano

Prodotto utilizzando sostanze chimiche ricavate da metano e petrolio, è disponibile in pannelli e in schiume solitamente usate a scopo di montaggio e sigillatura. Ha una densità intorno ai 30 kg/m<sup>3</sup>. Con  $\lambda$  variabili tra 0,023 e 0,03 W/mK, è uno dei materiali "tradizionali" con più alto potere isolante.

I pannelli possono essere impiegati per l'isolamento di intercapedini e solai e nei sistemi a cappotto, con l'accortezza in questo ultimo caso di utilizzare i pannelli specifici.

Anche le schiume poliuretaniche che si trovano in commercio sono di diverso tipo, da quelle classiche ad alta espansione, a quelle più evolute, con espansione controllata e maggiore durabilità, molto più adatte alle applicazioni termoisolanti quali la sigillatura delle cornici delle finestre o eventuali ritocchi dei cappotti. Si raccomanda sempre di verificare sulle schede tecniche che il tipo di schiuma sia adatto alle esigenze di utilizzo. Anche il poliuretano è un materiale leggero, come il polistirene, pertanto valgono le considerazioni sui tetti in legno fatte in precedenza.

## Lana di roccia

Materiale isolante disponibile in materassini o pannelli più o meno rigidi, composti da fibre minerali ricavate dalla fusione di rocce eruttive. I leganti e gli additivi conferiscono generalmente ai pannelli un colore verde-marrone.

I pannelli hanno densità variabili tra 40 e 160 kg/m<sup>3</sup> che li rendono adatti alle più svariate applicazioni, ed esistono anche pannelli con strati a densità diverse per l'isolamento di tetti e cappotti. Il  $\lambda$  è generalmente compreso tra 0,036 - 0,04 W/mK.

La struttura fibrosa dei pannelli li rende adatti anche all'isolamento acustico, infatti è uno dei materiali più utilizzati nelle contropareti e tramezzi in cartongesso. È un materiale adatto, a seconda della densità, a quasi tutte le applicazioni: isolamento di tetti, sottotetti, solai, pareti, intercapedini, tubazioni di impianti, canne fumarie, ecc.

## Lana di vetro

Materiale isolante disponibile in materassini o pannelli più o meno rigidi, composti da fibre ricavate da sabbia quarzosa e vetro con una percentuale di altri materiali rocciosi. I leganti e gli additivi conferiscono generalmente ai pannelli un colore giallastro dovuto al legante. È commercializzato in rotoli con densità di 20 kg/m<sup>3</sup> o

pannelli con densità di 40-160 kg/m<sup>3</sup>. Il  $\lambda$  è generalmente compreso tra 0,036 - 0,04 W/mK.

Come la lana di roccia, anche la lana di vetro è adatta a svariate applicazioni, quali l'isolamento di tetti e sottotetti, pareti e contropareti, cappotti, intercapedini, ecc.

## Fibra di legno

Materiale composto da fibre provenienti dai residui della lavorazione del legno, successivamente pressate per formare pannelli che hanno densità variabili tra 45-190 kg/m<sup>3</sup> e  $\lambda$  compresi tra 0,04 - 0,48 W/mK. Esistono anche pannelli con strati a densità diverse per tetti e cappotti, e pannelli ad altissima densità (270 kg/m<sup>3</sup>) per l'utilizzo anticorrosivo. In generale, la struttura fibrosa conferisce al prodotto buone proprietà di isolamento acustico. Al pari degli altri materiali fibrosi, anche la fibra di legno consente impieghi molto flessibili, in funzione della densità prescelta: isolamento di tetti e sottotetti, pareti, cappotti, contropareti e tramezzi, ecc.

La combinazione delle densità più alte con l'elevato calore specifico proprio dei prodotti a base legno, rende il materiale adatto all'impiego sui tetti in legno perché offre una maggiore protezione al surriscaldamento estivo.

## Sughero

Pannelli prodotti per macinazione della corteccia della quercia da sughero, successivamente sottoposta ad alte temperature sotto pressione in modo da provocare l'espansione e l'aggregazione dei granuli di sughero. È disponibile anche sfuso in granuli per il riempimento di cavità o come additivo in intonaci cosiddetti termoisolanti. I pannelli hanno densità di 110 kg/m<sup>3</sup> e  $\lambda$  di 0,04-0,05 W/mK.

Il sughero è utilizzato per l'isolamento di tetti, solai, pareti esterne e contropareti interne.

## Schiuma minerale

Pannelli prodotti a base di idrato di silicato di calcio, cemento, sabbia quarzosa e altri prodotti minerali. Un enzima naturale funge da agente schiumogeno che conferisce al materiale la struttura porosa e isolante. Ha densità di 80-130 kg/m<sup>3</sup> e  $\lambda$  di 0,045 W/mK. Si possono realizzare cappotti, isolare pareti e solai.

## Calcio silicato

Lastre prodotte da sabbia quarzosa e calce con aggiunta di fibre di cellulosa mediante surriscaldamento in autoclave con vapore acqueo e pressioni elevate.

Il calcio silicato ha un ottimo comportamento igrometrico, dato dalla grande capacità di assorbire acqua senza deformarsi, che lo rende adatto al risanamento di murature umide ed alle ristrutturazioni con isolamento interno dove è necessario ridurre i rischi di condensa interstiziale.

Le lastre hanno densità elevate (500-800 kg/m<sup>3</sup>) e  $\lambda$  compresi tra 0,05 e 0,08 W/mK.

## Perlite

Prodotto in granuli per frantumazione e cottura dalla roccia perlitica vulcanica. Si può usare come per riempimento di intercapedini e cavità, anche mediante insufflaggio.

La densità è di 90 kg/m<sup>3</sup> e il  $\lambda$  di circa 0,05 W/mK.

## Cellulosa

La cellulosa per isolamento deriva principalmente dal riciclo della carta, ridotta in fibre e miscelata a sali di boro (15-20%) per la protezione dal fuoco, parassiti e topi. È commercializzata in pannelli oppure sfusa sotto forma di fiocchi.

La densità è di 50-90 kg/m<sup>3</sup> e il  $\lambda$  di circa 0,04 W/mK. La cellulosa in fiocchi, confezionata in sacchi o in balle, può essere utilizzata come riempimento di cavità anche mediante insufflaggio direttamente nelle intercapedini di tetti e pareti con l'ausilio di un'apposita attrezzatura. I pannelli di cellulosa sono invece utilizzati da alcuni costruttori di case in legno per l'isolamento delle strutture prefabbricate.

## Vetro cellulare

Prodotto dalle stesse materie prime utilizzate per il vetro e con una buona parte di vetro riciclato. È disponibile in pannelli, granuli o polvere.

La densità del materiale è di 120-160 kg/m<sup>3</sup> ed il  $\lambda$  di circa 0,04 W/mK.

Granuli e polvere sono adatti al riempimento di intercapedini e cavità.

I pannelli hanno una buona – in certi casi molto buona – resistenza a compressione, che rende il materiale adatto all'applicazione in presenza di sollecitazioni e pesi (isolamenti di solai, terrazze, fondazioni).

La completa impermeabilità del materiale ne consente l'utilizzo in zone esposte ad acqua e umidità, come i raccordi sotto le soglie e i davanzali, le zoccolature dei cappotti, il rivestimento di tetti piani, pareti a contatto con il terreno (anche usando il granulato), ecc.

## Lana di legno mineralizzata

Pannelli composti da fibre e trucioli di legno legato, a seconda dei prodotti, con cemento o magnesite. L'efficacia nell'isolamento è inferiore agli altri materiali isolanti ( $\lambda$  tra 0,067 e 0,090 W/mK), ma il legante minerale conferisce ai pannelli altre caratteristiche interessanti, quali la densità elevata (350-450 kg/m<sup>3</sup>) e la resistenza a compressione, al fuoco, all'acqua, ai batteri. Sono diversi i campi di utilizzo, considerando che esistono anche pannelli preaccoppiati con altri materiali isolanti o addirittura blocchi da costruzione. È uno dei pochi materiali isolanti che possono supportare l'intonaco tradizionale e che non richiede necessariamente la rasatura da cappotto. I pannelli di legno mineralizzato (detto anche legno-cemento) vengono spesso impiegati per isolare i ponti termici, anche usandoli come casseri a perdere per i getti di travi e pilastri in calcestruzzo armato.

## Altri materiali

Oltre ai materiali descritti, in commercio esistono altri prodotti isolanti tra cui segnaliamo:

- pannelli isolanti con fibre naturali quali il lino, il cotone, la lana, la canapa, il kenaf, il cocco;
- pannelli isolanti con fibre plastiche, per esempio il polietilene derivante dal riciclo delle bottiglie di plastica;
- pannelli sottovuoto, con caratteristiche isolanti molto elevate ( $\lambda$  0,004-0,006 W/mK);
- pannelli in aerogel, con spessori ridotti e  $\lambda$  intorno allo 0,013-0,015 W/mK;
- intonaci e massetti termoisolanti, additivati per esempio con granuli di eps o sughero o aerogel per migliorare le prestazioni dell'impasto;
- materassini riflettenti, che combinano l'effetto isolante dei film che costituiscono il materassino con una componente radiativa che riduce il passaggio di calore.



## FINESTRE

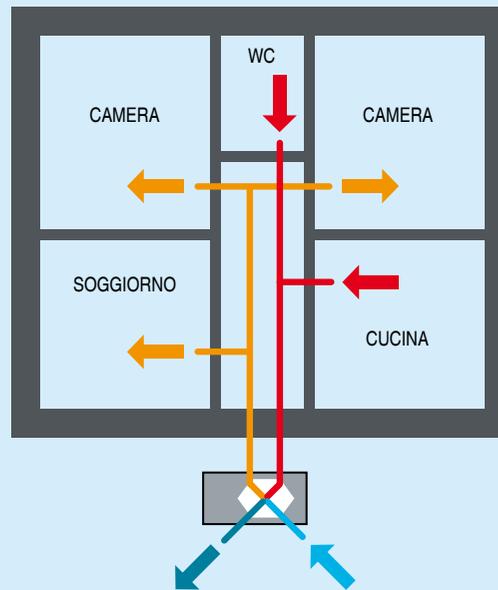
La finestra è generalmente composta da un elemento trasparente, il vetro, fissato su un elemento opaco, il telaio, suddiviso in parte fissa e mobile.

La doppia necessità di far entrare aria e luce nelle stanze, fa sì che la finestra rappresenti la parte termicamente più "debole" dell'edificio, come si può notare facilmente in molte case d'inverno osservando i vetri appannati, segno che sono più freddi delle altre parti dell'involucro. Nonostante i progressi tecnologici, anche i serramenti più performanti hanno infatti valori di trasmittanza peggiori rispetto agli altri elementi costruttivi dell'edificio. Negli ultimi decenni, siamo comunque passati dal vetro singolo (trasmittanza  $U_g$  di circa 5,8 W/m<sup>2</sup>K) ai vetri doppi con intercapedine d'aria, alla vetrocamera termoisolante che oggi è lo standard e che può arrivare a valori di trasmittanza  $U_g$  prossimi a 0,50 W/m<sup>2</sup>K. Le vetrocamere termoisolanti sono composte da due o più lastre di vetro fissate tra loro con un distanziatore ed un sigillante elastico; l'intercapedine è riempita con gas e la superficie di uno o più vetri è trattata con pellicole basso-emissive o selettive per migliorare ulteriormente il comportamento termico. Esistono anche pellicole filtranti o riflettenti che si possono applicare sul lato esterno per proteggere il vetro dall'ingresso del calore estivo, anche se conviene avvalersi, in quanto più efficaci, di sistemi ombreggianti o schermanti esterni (frangisole, tende, veneziane, tapparelle, ecc.). Nel caso di riqualificazione, la normativa richiede la presenza di un sistema combinato di vetro e schermatura che assicuri un fattore solare totale massimo  $g_{gl+sh}$  di 0,35: ciò significa che il sistema deve essere in grado di intercettare il 65% della radiazione solare. Soprattutto per gli edifici isolati, è però opportuno prevedere sistemi schermanti mobili o fissi più efficaci, in grado di contenere il valore entro lo 0,15-0,2, quindi con un'ombreggiatura estiva su ogni finestra di almeno l'80%. I distanziatori sono profili in alluminio, acciaio inox o materiale plastico, sulla cui superficie viene generalmente riportato il valore  $U_g$  della vetrocamera; il sigillante elastico in butile, poliuretano o polisolfuro, serve a garantire l'incollaggio tra le lastre, impedendo il passaggio di aria e di umidità. I gas nell'intercapedine (argon, cripton o xenon) riducono

## VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA

In tutti gli edifici, un regolare ricambio d'aria è sempre necessario sia per aerare i locali, sia per smaltire l'umidità in eccesso. A questo scopo è indispensabile aprire regolarmente le finestre, operazione che però – consentendo l'ingresso di aria fredda – incide sui consumi per il riscaldamento. Per minimizzare le perdite di energia, è consigliabile aprire le finestre più volte al giorno ma per pochi minuti, in modo da raffreddare solo l'aria e non le pareti. Negli edifici in cui è installato un sistema di *ventilazione meccanica controllata*, il ricambio dell'aria avviene in modo continuo e senza perdite significative di calore perché l'impianto preleva l'aria dell'esterno e la immette nei locali solo dopo averla preriscaldata sfruttando il calore dell'aria esausta in espulsione. Questi impianti sono generalmente dotati di filtri per l'aria in ingresso, sono silenziosi e consumano pochissima energia. Consentono una ventilazione confortevole, a bassa velocità, senza correnti d'aria e senza immissione di aria fredda. La ventilazione controllata, quindi,

assicura un ricambio d'aria completo senza la necessità di aprire le finestre: il calore rimane all'interno mentre rumori, fattori inquinanti come smog, cattivi odori, pollini, ecc. sono confinati all'esterno dell'edificio.



Schema di funzionamento di un impianto di ventilazione meccanica: l'aria calda estratta dalla cucina e dal bagno viene convogliata nel recuperatore termico che riscalda l'aria da immettere in soggiorno e nelle camere.

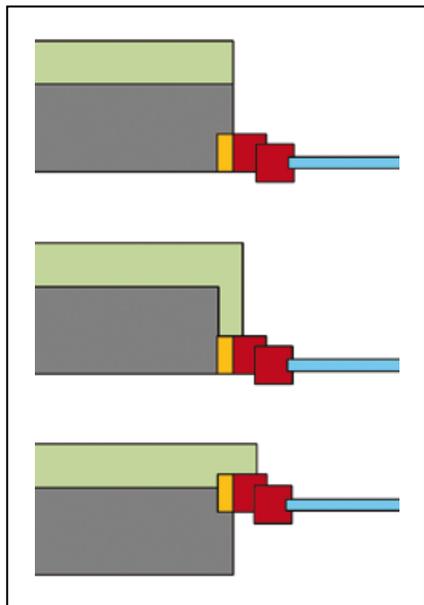
la trasmissione di calore tra una lastra e l'altra rispetto alle intercapedini con aria.

La progettazione bioclimatica suggerisce ampie superfici vetrate verso sud, che consentono di sfruttare gli apporti di energia solare in inverno, avendo cura di ricorrere ad ombreggiamenti esterni per la stagione calda. Allo stesso tempo vanno contenute il più possibile le perdite di calore utilizzando prodotti il più possibile isolanti: così come per le pareti, anche le temperature superficiali delle finestre, in particolare dei vetri, devono garantire un adeguato livello di comfort e dispersioni termiche il più basse possibile. Anche le prestazioni delle finestre si valutano attraverso la trasmittanza termica  $U$ : in particolare, la trasmittanza termica complessiva della finestra ( $U_w$ ) si calcola a partire da quella del vetro ( $U_g$ ) e quella del telaio ( $U_f$ ) e dipende anche dalle dimensioni del serramento e dal tipo di distanziatore (quelli in metallo sono meno isolanti). Tuttavia, affinché la prestazione complessiva sia buona, deve essere curata la posa in opera ed il dettaglio di collegamento tra il telaio, il muro e gli eventuali accessori (cassonetti, scuri, veneziane, zanzariere, ecc.).

In questi dettagli va garantita la continuità termica, mediante opportuna sovrapposizione tra telaio e strato isolante, nonché la corretta sigillatura dei giunti per evitare il passaggio di acqua e aria e per controllare il passaggio del vapore. Per facilitare la posa, si può ricorrere a soluzioni integrate, cosiddette monoblocco: sono elementi assemblati in fabbrica e completi di controtelaio o falso telaio, elementi di isolamento termico, eventuali cassonetti e guide per gli avvolgibili.

I raccordi tra i materiali devono essere eseguiti con l'obiettivo di garantire la tenuta all'aria sul lato interno, la tenuta all'acqua e al vento sul lato esterno; per queste applicazioni si utilizzano nastri adesivi specifici, guarnizioni in gomma o butile e nastri autoespandenti, prodotti che devono essere selezionati con una certa attenzione, anche al loro grado di permeabilità al vapore.

Per quanto riguarda il telaio, oggi possiamo scegliere fra diversi profili e materiali: legno, alluminio, legno-alluminio, PVC. Come scegliere? In presenza di buoni prodotti, le prestazioni energetiche non differiscono molto, mentre pesano maggiormente altre variabili quali preferenze estetiche, dimensioni del profilo, durabilità e possibilità di manutenzione, predilizione per materiali riciclati o naturali, ecc.



Quanto incide un ponte termico?

Se installiamo una finestra con dimensioni  $1,6 \times 1,3$  m e valore  $U_w$  di  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  in uno dei modi rappresentati nello schema, per effetto del ponte termico, il valore  $U$  diventa:

- $3,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  (più del doppio!) nel primo caso, senza raccordo isolante;
- $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  nel secondo caso, con il risvolto dell'isolante;
- $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  nel terzo caso, posizione termicamente ottimale.

## COMFORT ESTIVO

Una corretta esposizione dell'edificio rispetto al sole ed una distribuzione ottimizzata delle superfici vetrate, che privilegia ampie aperture verso sud, sono fattori che consentono di sfruttare al meglio gli apporti di energia solare riducendo i fabbisogni termici invernali.

I fattori che d'inverno assicurano un vantaggio, però, devono essere progettati e controllati in modo accurato affinché non compromettano il comportamento estivo, esponendo l'edificio al surriscaldamento dei locali. Il comfort estivo dipende sì dall'isolamento dell'involucro, ma anche e soprattutto dal grado di protezione dal surriscaldamento.

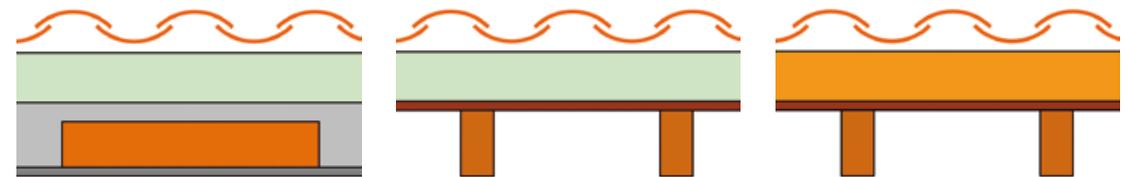
In funzione del comfort estivo, gli accorgimenti che vanno adottati sono:

- predisporre sistemi di ombreggiamento e schermatura delle finestre esposte alla radiazione diretta, per limitare gli apporti di energia solare;
- prediligere, soprattutto in copertura, materiali isolanti e da costruzione pesanti e ad alta inerzia termica, in grado di attenuare e sfasare nel tempo i picchi del flusso termico;
- prevedere un'adeguata ventilazione, specialmente nelle ore notturne, per agevolare lo smaltimento del calore accumulato durante il giorno.

L'inerzia termica è la capacità di un materiale di accumulare e rilasciare calore più o meno rapidamente e dipende da più fattori quali

la conduttività, la densità ed il calore specifico. La combinazione di materiali diversi conferisce quindi alle strutture un preciso livello di inerzia termica, che va analizzato in fase di progetto con lo scopo di ottimizzare le prestazioni estive delle pareti e delle coperture maggiormente esposte all'irraggiamento solare estivo. Per semplificare, la questione è che la trasmittanza termica  $U$  ci dice quanto calore passa attraverso la struttura, ma non ci dice in quanto tempo; il valore  $U$  quindi ha un limite nel descrivere le proprietà termiche delle pareti, che può essere trascurato nelle valutazioni invernali ma non in quelle estive. Dobbiamo quindi aggiungere ulteriori parametri, che rappresentino l'inerzia termica e che ci aiutino a comprendere il contributo dei materiali a contenere – d'estate – le temperature superficiali interne delle strutture e, di conseguenza, a limitare il surriscaldamento. Uno dei parametri più intuitivi per quantificare la prestazione estiva di una struttura è lo sfasamento ( $\phi$ ), che indica il tempo che intercorre fra l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie esterna di una struttura e l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie interna.

Un valore di sfasamento ottimale per una copertura o per una parete esterna dovrebbe sempre superare le 9 ore. Come detto, lo sfasamento è il parametro più intuitivo perché è espresso in ore, ma non è l'unico: il progettista valuterà anche la trasmittanza termica periodica e l'attenuazione, in certi casi anche l'ammortamento.



Esempi di coperture e valori di sfasamento termico. Da sinistra verso destra:

- struttura in laterocemento e 12 cm di isolante EPS da  $20 \text{ kg/m}^3$ , sfasamento 9 ore;
- tavolato su travi in legno e 12 cm di isolante EPS da  $20 \text{ kg/m}^3$ , sfasamento 4 ore;
- tavolato su travi in legno e 12 cm di isolante fibra di legno da  $160 \text{ kg/m}^3$ , sfasamento 9 ore.

## TIPO DI COSTRUZIONE

I materiali da costruzione disponibili sono molti ed anche i materiali isolanti ci consentono, come visto in precedenza, numerose possibilità di scelta. Possiamo raggiungere i medesimi risultati di efficienza energetica con soluzioni costruttive molto differenti, dalla muratura al calcestruzzo armato, dal legno massiccio alle strutture intelaiate, ecc.

Più che riferirsi ai singoli materiali, nel valutare la tipologia costruttiva con cui realizzare la propria abitazione è bene distinguere le costruzioni tra quelle massicce (o pesanti) e quelle leggere. I più comuni sistemi costruttivi di tipo massiccio sono il laterizio, il calcestruzzo armato e i pannelli strutturali in legno massiccio (ad esempio xlam). Esempi di strutture leggere sono invece quelle realizzate con struttura a telaio in legno o con blocchi leggeri di calcestruzzo cellulare; assumono la conformazione di tipo leggero anche le strutture massicce che hanno l'isolamento

termico posto prevalentemente sul lato interno. Dal punto di vista energetico, la principale differenza tra le due tipologie sta nel modo con cui rispondono alle sollecitazioni termiche, in base ad un diverso livello di inerzia termica, in particolare di inerzia termica interna. Nelle costruzioni massicce l'elevata inerzia termica è assicurata dalla struttura muraria pesante posta a contatto diretto con gli ambienti climatizzati, la quale accumula energia nel tempo per poi rilasciarla in modo lento e graduale, in modo particolarmente efficace se abbinata ad una corretta ventilazione notturna estiva. Di primo acchito si direbbe che le costruzioni massicce sono più efficaci, ma anche le costruzioni leggere consentono di raggiungere valori di inerzia termica ottimali a patto che i materiali vengano accuratamente scelti, dimensionati ed abbinati in sequenza tra loro. Grazie alle attuali tecnologie e conoscenze, entrambi i tipi di costruzione possono offrire prestazioni energetiche e comfort ai massimi livelli.

## PONTI TERMICI

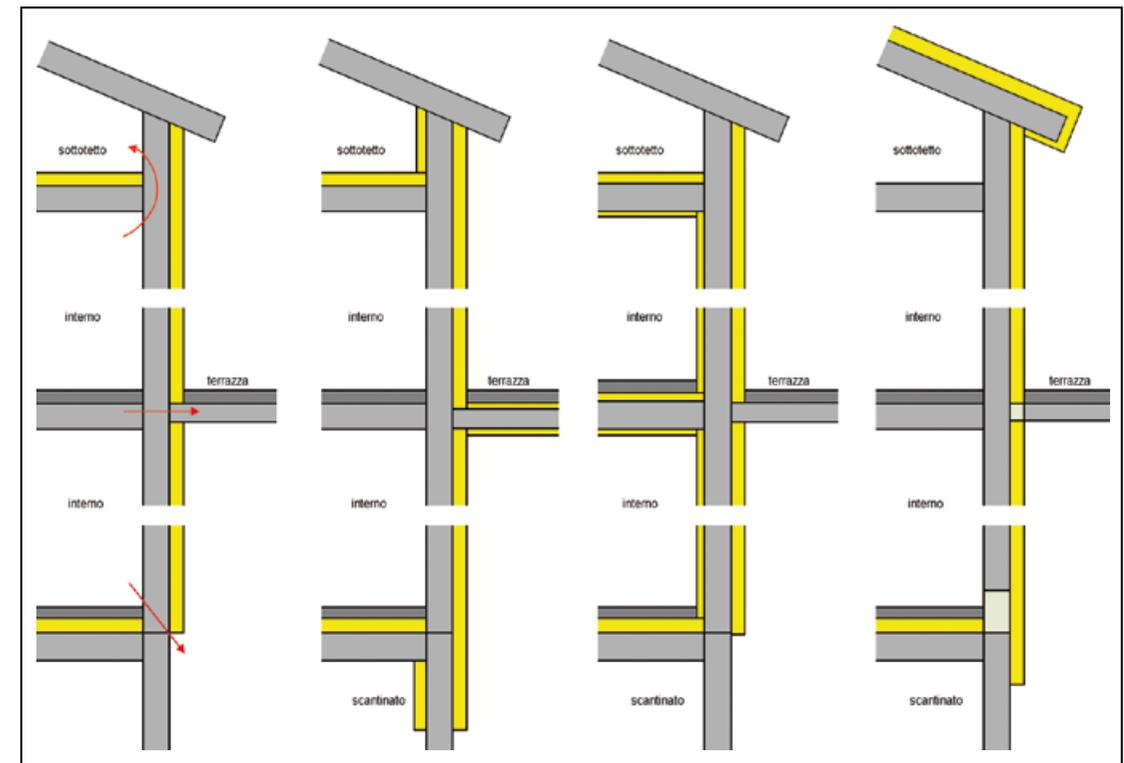
I ponti termici sono parti dell'involucro edilizio in cui c'è una discontinuità nella geometria (angoli, spigoli, rientranze, aggetti come poggiali, terrazze, ecc.) o una differenza di materiali, in particolare quelli isolanti. Per esempio, sono ponti termici le connessioni tra le pareti e i solai, o tra le pareti e i telai delle finestre, i davanzali e le soglie. I ponti termici comprendono anche gli angoli delle stanze, i pilastri e le travi di calcestruzzo armato, i cordoli delle terrazze, o ancora i punti in cui le pareti sono più sottili a causa di nicchie o cavedi.

I ponti termici possono comportare un aumento localizzato delle dispersioni di calore. Questo può determinare temperature superficiali interne significativamente più basse lungo i ponti termici, rispetto alle zone adiacenti, e può

essere causa della formazione di condense o muffe e, infine, compromettere il comfort interno.

La correzione e l'isolamento dei ponti termici è un requisito indispensabile per garantire la massima qualità dell'edificio. Dal punto di vista tecnico, il ponte termico viene misurato con il valore di trasmittanza termica lineica  $\Psi$  che, nelle case passive, deve essere inferiore a  $0,01 \text{ W/mK}$ . Secondo il protocollo CasaClima deve essere comunque condotta un'analisi che attesti che la temperatura superficiale interna in prossimità dei ponti termici sia superiore a  $17^\circ\text{C}$ . Anche il D.M. 26/05/2015 prescrive la "verifica dell'assenza di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici".

Il progettista deve quindi individuare i ponti termici e le strategie per isolarli adeguatamente, in modo da ridurre al minimo i possibili effetti negativi.



Rappresentazione schematica delle principali strategie di isolamento dei ponti termici. Nel primo disegno a sinistra, i ponti termici non sono risolti. Negli esempi centrali, i ponti termici sono corretti mediante rivestimento di pareti e solai con il materiale isolante. Nel disegno a destra, lo strato di isolamento termico è completamente raccordato, senza soluzione di continuità, grazie anche all'utilizzo di particolari disgiuntori strutturali.

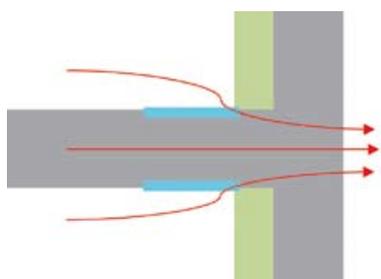
## LA TENUTA ALL'ARIA

Le imperfezioni costruttive e la mancata ermeticità nei giunti, così come le fessure tra i diversi materiali e tra gli elementi della struttura, generano flussi d'aria tra ambiente interno ed esterno e di conseguenza perdite di calore. Se è presente un impianto di ventilazione meccanica controllata, la scarsa ermeticità dell'involucro può ridurre significativamente l'efficienza, intesa come la capacità della macchina di ventilazione di recuperare il calore dall'aria esausta. L'aria che attraversa le strutture dall'interno verso l'esterno, inoltre, è carica del vapore prodotto normalmente nell'edificio: il vapore trasportato dagli "spifferi", attraversando l'involucro si raffredda e può condensare all'interno delle strutture. Particolari concentrazioni di umidità e depositi di condensa nelle pareti, nei tetti e nei solai, possono compromettere le proprietà isolanti dei materiali e, nel tempo, perfino danneggiarli.

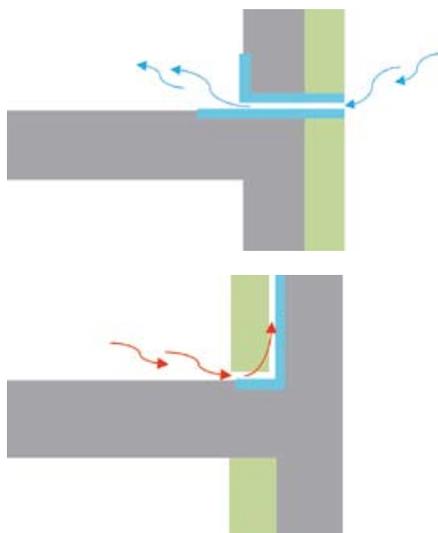
La cura della tenuta all'aria nei punti di connessione tra pareti, tetto, pavimento ed in corrispondenza degli attraversamenti degli impianti verso l'esterno è dunque un aspetto molto importante per assicurare nel tempo prestazioni energetiche, comfort, salubrità e durabilità dell'intero edificio.

Per quanto riguarda i serramenti, la tenuta all'aria è indicata con numeri da 0 a 4 (dove 4 è la classe migliore): i tipici spifferi che riducono il comfort in prossimità di una finestra si possono evitare scegliendo serramenti con una classe di permeabilità all'aria elevata, con guarnizioni elastiche e in grado di durare nel tempo o di essere facilmente sostituite. Attenzione però: tale classe descrive la qualità di tenuta all'aria della sola finestra non ancora installata e non è un dato sufficiente per assicurarne la qualità ermetica una volta installata. Così come per i giunti tra pareti, tetto e pavimento, è importante progettare e realizzare una corretta posa a tenuta degli infissi avvalendosi di professionisti e ditte qualificate, capaci di utilizzare gli accorgimenti più appropriati per ogni caso specifico (ad esempio nastri, guarnizioni, siliconi, schiume, ecc.). La normativa richiede al progettista la verifica dell'assenza del rischio muffe e condense interstiziali, è quindi essenziale sigillare adeguatamente tutti i giunti dell'edificio per evitare:

- spifferi di aria fredda in ingresso che potrebbero causare l'insorgenza di muffe;
- infiltrazioni di aria umida nelle strutture che potrebbero causare condensazioni interstiziali.



Lo schema rappresenta l'effetto di un ponte termico tra parete esterna ed interna, o tra parete e solaio: l'interruzione dello strato isolante determina un aumento localizzato del flusso termico e la presenza di superfici più fredde (linee azzurre) che potrebbero essere interessate dalla formazione di muffe. Nei disegni sottostanti, il problema delle superfici fredde si ripresenta in prossimità di giunti non sigillati ermeticamente: da questi può entrare aria esterna che raffredda le superfici in prossimità del ponte termico, oppure può uscire aria calda con il rischio di condensa interstiziale.



## IL TEST DI TENUTA ALL'ARIA

Il test di tenuta all'aria (blower door test) serve per misurare il livello di ermeticità dell'edificio e l'efficacia delle soluzioni tecniche adottate per evitare spifferi e flussi di aria incontrollati. L'ermeticità è importante non solo per il risparmio energetico, ma anche per salvaguardare l'edificio dal possibile degrado dovuto a infiltrazioni di aria umida nelle strutture.

Il test viene effettuato con una macchina che mette in pressione o in depressione i locali dell'edificio ad una pressione di riferimento di 50 Pascal; il livello di ermeticità è dato dal valore  $n_{50}$  che indica i ricambi d'aria per ora a quella determinata pressione. Per la certificazione di qualità CasaClima è generalmente

richiesto un valore inferiore a 1,5 per le classi A e B, e 0,6 per la classe Oro; il valore massimo di 0,6 è richiesto anche per le Passivhaus. Durante l'esecuzione del test è possibile anche risalire ai difetti costruttivi e capirne l'entità.



La verifica esclusivamente visuale della qualità delle sigillature non è sempre efficace, perciò i protocolli di certificazione di qualità come CasaClima e Passivhaus richiedono il collaudo del livello di permeabilità all'aria dell'edificio mediante test di tenuta all'aria (blower door test).

## IMPIANTI DI RISCALDAMENTO

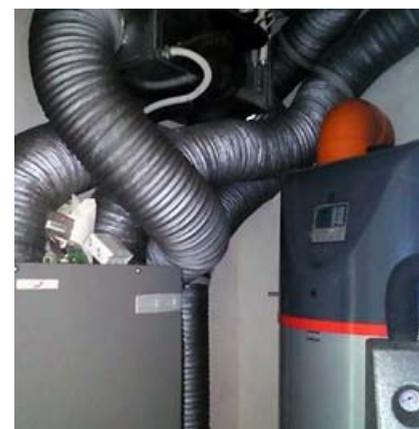
Un edificio a ridotto fabbisogno energetico, garantito dall'elevato potere isolante dell'involucro, permette di ottimizzare anche le tecnologie impiantistiche ed impiegare in modo più efficiente le fonti energetiche rinnovabili. Questo vale sia per le nuove costruzioni che per i vecchi edifici: prima di sostituire una caldaia obsoleta, infatti, conviene isolare l'involucro, col vantaggio di poter poi scegliere un nuovo impianto più efficiente e correttamente dimensionato. Un edificio molto isolato, cosiddetto "passivo", permette persino di rinunciare all'impianto convenzionale di riscaldamento. La fonte energetica per la produzione di calore può essere scelta tra gas, gasolio o gpl (fonti fossili, inquinanti e soggette ad una costante crescita di prezzo) oppure tra le fonti rinnovabili, quali biomassa, geotermia, energia solare.

Le caldaie a gas, gasolio e gpl attualmente in commercio sfruttano la tecnologia della condensazione che ne aumenta il rendimento, con valori che oscillano tra 95 e 107%, rispetto alle caldaie tradizionali che hanno prestazioni tra 85 e 92%. I rendimenti sono migliori perché il calore presente nei fumi sotto forma di vapore acqueo non viene espulso, ma recuperato per condensazione e riutilizzato dal sistema. Una caldaia a condensazione viene sfruttata appieno solo se abbinata ad un sistema di regolazione ed emissione del calore a bassa temperatura, ad esempio quello associato ai pannelli radianti a pavimento o a soffitto, mentre perde parte del rendimento se è installata in un edificio non isolato e dotato di termosifoni in acciaio o alluminio, che necessitano di elevate temperature di mandata.

Le alternative alle fonti energetiche di origine fossile sono offerte dalle caldaie a biomassa, dalle pompe di calore e dai pannelli solari, e rientrano anche negli obblighi previsti dal decreto legislativo 28/2011.

Riscaldare con la biomassa (legna o pellet) significa adottare un comportamento neutrale – o quasi – per quanto riguarda le emissioni di anidride carbonica perché la CO<sub>2</sub> emessa dalla combustione è pari a quella assorbita dalla pianta durante la sua crescita. Ciò è vero soprattutto quando si utilizza legname locale, che non è stato spostato per grandi distanze e quindi senza ulteriori dispendi energetici per il trasporto e la trasformazione.

Le pompe di calore non producono calore per combustione, ma sono in grado di produrre l'acqua calda per il riscaldamento prelevando il calore contenuto nell'aria esterna (pompe di calore ad aria) oppure nell'acqua di falda o nel terreno (pompe geotermiche). Poiché la temperatura della fonte di calore esterna – aria, acqua o terreno – è più bassa rispetto alla temperatura che deve raggiungere l'acqua dell'impianto, è necessario un apporto di energia elettrica, motivo per cui spesso il sistema a pompa di calore viene completato con un impianto fotovoltaico. L'efficienza invernale della pompa di calore è espressa dall'indice COP ed è data dal rapporto tra l'energia termica fornita e l'energia elettrica utilizzata: ad esempio, un COP pari a 3 indica che per ogni unità di energia elettrica consumata si producono 3 unità di energia termica. Quindi, più questo valore è alto, migliore sarà la resa dell'impianto. L'energia del sole può essere sfruttata sia attraverso i pannelli



fotovoltaici per la produzione di energia elettrica (destinata agli impianti, come visto sopra, ma anche ai consumi di illuminazione e elettrodomestici), sia attraverso i collettori solari termici per riscaldare l'acqua che viene utilizzata per gli usi domestici e sanitari, o per integrare il riscaldamento. Un'altra strategia conveniente è quella degli impianti centralizzati. Il riscaldamento centralizzato nei condomini è stato spesso demonizzato come fonte di elevate spese condominiali: oggi invece, grazie alla contabilizzazione del calore nei singoli alloggi ed alle valvole termostatiche per gestire la temperatura in modo separato nelle varie stanze, la bolletta viene divisa equamente rispetto ai consumi individuali, evitando anche gli sprechi. Inoltre, una caldaia centralizzata consente di ridurre i costi di gestione, controllo e manutenzione dell'impianto.

Su scale debitamente diverse, si tratta dello stesso vantaggio dato dal teleriscaldamento, che prevede un'unica grande centrale a servizio di più edifici: per centri abitati con distanze contenute tra le singole abitazioni, rappresenta un buon sistema per il riscaldamento e la produzione di acqua calda.

## VERSO L'AUTOSUFFICIENZA ENERGETICA

L'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili potrebbe soddisfare in toto le esigenze di una famiglia. Sistemi come lo "scambio sul posto" consentono di cedere alla rete elettrica il surplus generato dall'impianto fotovoltaico e di prendere dalla rete l'energia necessaria nelle ore notturne, quando la produzione fotovoltaica è nulla mentre i fabbisogni domestici permangono, o addirittura aumentano. In questo modo si crea una sorta di "autoconsumo differito", compensando parzialmente i costi di prelievo con i ricavi della cessione dell'energia autoprodotta.

Per aumentare al massimo e realmente l'autoconsumo, è necessario ricorrere a sistemi di accumulo dell'energia che siano in grado di immagazzinarla quando viene prodotta. A livello tecnologico, gli accumuli sono già una realtà: si tratta di batterie efficienti e di dimensioni contenute, adatte ad ogni contesto domestico. Il freno alla diffusione degli accumuli elettrici è dato attualmente dai costi ancora elevati, che comportano tempi di ritorno dell'investimento non proprio così brevi; il trend è comunque positivo ed i prezzi sono destinati a ridursi progressivamente.

## ESEMPI DI EDIFICI CASA CLIMA



**RISTRUTTURAZIONE EDIFICIO  
AD USO DIDATTICO-MUSEALE  
«LA CJA SE DAL LEN»  
SUTRIO**



*Progetto architettonico:*  
**arch. Andrea Boz**  
*Progetto impiantistico:*  
**per.ind. Matteo Cimenti**  
*Progetto CasaClima:*  
**arch. Andrea Boz**



**CASA CLIMA A<sup>Più</sup>**  
**INDICE TERMICO: 29 kWh/m<sup>2</sup>a**  
**PREMIO MIGLIOR CASA CLIMA 2014**

Ubicazione: **Sutrio (UD)**  
Quota: **570 m slm**  
Gradi giorno: **3487**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura mista con isolamento in fibra di legno  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** telaio in legno con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
edificio allacciato alla rete di teleriscaldamento a legna;  
impianto radiante a pavimento



**EDIFICIO PER IL CONVITTO  
DELL'ISTITUTO SCOLASTICO  
«I. BACHMANN»  
TARVISIO**



*Committente:*  
**Provincia di Udine**  
*Progetto architettonico:*  
**Runcio Associati, arch. Claudio Beltrame**  
*Progetto CasaClima:*  
**Runcio Associati, geom. Paolo Gon**



**CASA CLIMA ORO**  
**INDICE TERMICO: 7 kWh/m<sup>2</sup>a**  
**PREMIO MIGLIOR CASA CLIMA 2013**

Ubicazione: **Tarvisio (UD)**  
Quota: **732 m slm**  
Gradi giorno: **3959**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno  
**Pareti:** piano terra in calcestruzzo armato;  
livelli superiori con pannelli di legno a tavole incrociate  
e isolamento a cappotto in fibra di legno  
**Tetto:** struttura in legno e isolamento in lana di roccia  
**Finestre:** telaio in legno con triplo vetro  
**Impianto di ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
riscaldamento con pompa di calore ad aria  
e caldaia a metano integrate con pannelli solari termici;  
impianto radiante a pavimento;  
sistema domotico di regolazione dell'impianto di riscaldamento  
e illuminazione;  
impianto fotovoltaico da 9 kW<sub>p</sub>



## RICOSTRUZIONE DELLA SCUOLA ELEMENTARE COMUNALE VILLA VICENTINA



*Committente:*  
**Comune di Villa Vicentina**  
*Progetto architettonico:*  
**arch. Federico Florissi, arch. Giorgio Spaziani**  
*Progetto impiantistico:*  
**per.ind. Efsio Bonu**  
*Progetto CasaClima:*  
**arch. Federico Florissi, arch. Giorgio Spaziani**



**CASA CLIMA A<sup>Più</sup>**  
**INDICE TERMICO: 20 kWh/m<sup>2</sup>a**  
**PREMIO MIGLIOR CASA CLIMA 2012**

Ubicazione: **Villa Vicentina (UD)**  
Quota: **9 m slm**  
Gradi giorno: **2252**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno  
**Pareti:** pannelli di legno a tavole incrociate  
e isolamento a cappotto in fibra di legno  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** telaio in legno con doppio vetro  
**Impianto di ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
teleriscaldamento da centrale a biomassa;  
impianto radiante a pavimento;  
impianto fotovoltaico da 16,5 kW<sub>p</sub>



## LA CASA «SA DI LEGNO» SOSTASIO

Committente:  
**fam. Giacometti**  
Progetto architettonico:  
**ing. Samuele Giacometti**  
Progetto impiantistico:  
**ing. Serse Tacus**  
Progetto CasaClima:  
**ing. Samuele Giacometti**



**CASA CLIMA B<sup>Più</sup>**  
**INDICE TERMICO: 43 kWh/m<sup>2</sup>a**  
PREMIO MIGLIOR CASA CLIMA 2010

Ubicazione: **Sostasio di Prato Carnico (UD)**  
Quota: **674 m slm**  
Gradi giorno: **3529**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno  
**Pareti:** struttura in legno a telaio con isolamento in fibra di legno  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** telaio in legno con doppio vetro  
**Impianto di ventilazione con recupero di calore:** no  
**Impianti:**  
riscaldamento con stufa a legna;  
impianto fotovoltaico da 4 kW<sub>p</sub>



**CASA PERESSUTTI**  
BAGNARIA ARSA



*Progetto architettonico:*  
**arch. Luca Peressutti**  
*Progetto CasaClima:*  
**arch. Luca Peressutti**



**CASA CLIMA B**  
INDICE TERMICO: 50 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Bagnaria Arsa (UD)**  
Quota: **20 m slm**  
Gradi giorno: **2222**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in sughero

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno

**Finestre:** telaio in legno con doppio vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** no

**Impianti:**

riscaldamento con caldaia a gas integrata con pannelli solari termici;

impianto radiante a pavimento e radiatori

**Impianto di raffrescamento:** no



## CASA UNIFAMILIARE PRADAMANO



Progetto architettonico:  
**geom. Ivan Fabiani**  
Progetto impiantistico:  
**ing. Paolo Zuccolo**  
Progetto CasaClima:  
**geom. Daniele Di Santolo**  
Costruzione:  
**Eurocase Friuli srl**



## CASA CLIMA A INDICE TERMICO: 20 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Pradamano (UD)**  
Quota: **88 m slm**  
Gradi giorno: **2278**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno  
**Pareti:** in legno a telaio con isolamento a cappotto in lana di roccia  
**Tetto:** copertura piana in legno con isolamento in fibra di legno interposto tra le travi e strato di XPS all'estradosso  
**Finestre:** telaio in legno con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
riscaldamento con pompa di calore e pannelli e fotovoltaici;  
impianto radiante a pavimento  
**Impianto di raffrescamento:** sì



## CASA UNIFAMILIARE RUDA

Progetto architettonico:  
**arch. Federico Florissi**  
Progetto impiantistico:  
**arch. Giorgio Spaziani**  
Progetto CasaClima:  
**arch. Federico Florissi, arch. Giorgio Spaziani**  
Costruzione:  
**Abiteco srl**



## CASACLIMA A INDICE TERMICO: 23 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Ruda (UD)**  
Quota: **12 m slm**  
Gradi giorno: **2257**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno massiccio  
**Pareti:** muratura in xlam con isolamento a cappotto in fibra di legno  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** telaio in pvc con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
riscaldamento con caldaia a gas;  
impianto radiante a pavimento  
**Impianto di raffrescamento:** no



## CASA UNIFAMILIARE PASSIVA SOTTOSELVA

*Progetto architettonico:*  
**geom. Paolo Gon**  
*Progetto impiantistico:*  
**ing. Alessandro Coslanich**  
*Progetto CasaClima:*  
**geom. Paolo Gon**



## CASA CLIMA ORO INDICE TERMICO: 7 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Palmanova fraz. Sottoselva (UD)**  
Quota: **27 m slm**  
Gradi giorno: **2438**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** telaio in legno-alluminio con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
riscaldamento e raffrescamento tramite ventilazione meccanica  
con aggregato compatto e pretemperamento geotermico



## CASA UNIFAMILIARE PASSIVA MANZANO



Progetto architettonico:  
**arch. Matteo Infanti**  
Progetto impiantistico:  
**ing. Federico Fistarol**  
Progetto CasaClima:  
**ing. Federico Fistarol**  
Costruzione:  
**DomusGaia srl**



## CASA CLIMA ORO INDICE TERMICO: 5 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Manzano (UD)**  
Quota: **71 m slm**  
Gradi giorno: **2267**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno massiccio

**Pareti:** muratura in xlam con isolamento a cappotto in fibra di legno

**Tetto:** struttura in legno con isolamento fibra di legno

**Finestre:** pvc con triplo vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
con pretemperamento geotermico

**Impianti:**  
pompa di calore aria-acqua per la produzione di acqua calda sanitaria e il riscaldamento degli ambienti attraverso la batteria di post-trattamento della ventilazione meccanica;  
stufa a legna

**Impianto di raffrescamento:** no



## CASA UNIFAMILARE BASILIANO



Progetto architettonico:  
**geom. Maria Cristina Adami**  
Progetto impiantistico:  
**per.ind. Luca Tomasini**  
Progetto CasaClima:  
**ing. Barbara Cassan**  
Costruzione:  
**Rossi F.Ili srl**



## CASA CLIMA A INDICE TERMICO: 25 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Basiliano (UD)**  
Quota: **74 m s.l.m.**  
Gradi giorno: **2277**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** telaio in legno con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
riscaldamento con pompa di calore e pannelli fotovoltaici;  
impianto radiante a pavimento  
**Impianto di raffrescamento:** sì



## SPOGLIATOI DEL CAMPO SPORTIVO TIMAU

*Progetto architettonico:*  
**arch. Andrea Boz**  
*Progetto impiantistico:*  
**ing. Cesare Rocco**  
*Progetto CasaClima:*  
**arch. Andrea Boz**



## CASA CLIMA B INDICE TERMICO: 42 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Timau (Paluzza, UD)**  
Quota: **830 m slm**  
Gradi giorno: **3523**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura e legno  
**Pareti:** parte della muratura in blocchi cassero in EPS e parte in xlam con isolamento a cappotto in lana di vetro e rivestimento esterno in doghe di legno  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in XPS  
**Finestre:** telaio in pvc con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
riscaldamento con caldaia a gas integrata con pannelli solari termici;  
termosifoni  
**Impianto di raffrescamento:** no



**RISTRUTTURAZIONE  
E AMPLIAMENTO  
CASA UNIFAMILIARE PASSIVA  
UDINE**



*Progetto architettonico:  
**geom. Paolo Paviotti**  
Progetto impiantistico:  
**per.ind. Federico Giorgis**  
Progetto CasaClima:  
**geom. Paolo Paviotti***



**CASA CLIMA ORO  
INDICE TERMICO: 5 kWh/m<sup>2</sup>a**

Ubicazione: **Udine**  
Quota: **113 m slm**  
Gradi giorno: **2323**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in lana di roccia  
**Finestre:** telaio in pvc con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
riscaldamento tramite ventilazione meccanica integrata  
con batteria di post-riscaldamento dell'aria  
**Impianto di raffrescamento:** no



## CASA UNIFAMILIARE GEMONA DEL FRIULI



Progetto architettonico:  
**ing. Barbara Cassan**  
Progetto impiantistico:  
**ing. Barbara Cassan**  
Progetto CasaClima:  
**ing. Barbara Cassan**  
Costruzione:  
**Bautec srl**



## CASA CLIMA A INDICE TERMICO: 28 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Gemona del Friuli (UD)**  
Quota: **260 m slm**  
Gradi giorno: **2488**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in lana di roccia  
**Finestre:** telaio in pvc con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** no  
**Impianti:**  
riscaldamento con pompa di calore e fotovoltaico;  
impianto radiante a pavimento  
**Impianto di raffrescamento:** no



**EDIFICIO PER UFFICI  
E LABORATORI  
CORDENONS**

*Progetto architettonico:*  
**arch. Andrea Martinelli**  
*Progetto impiantistico:*  
**ing. Fabio Rosso**  
*Progetto CasaClima:*  
**ing. Domenico Pepe**



**CASA CLIMA B<sup>Più</sup>  
INDICE TERMICO: 45 kWh/m<sup>2</sup>a**

Ubicazione: **Cordenons (PN)**  
Quota: **42 m slm**  
Gradi giorno: **2496**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in legno  
**Pareti:** muratura in xlam con isolamento a cappotto in fibra di legno  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno  
**Finestre:** telaio in alluminio a taglio termico con doppio vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** con recuperatore attivo  
**Impianti:**  
riscaldamento e raffrescamento con pompa di calore e impianto radiante a pavimento



## CASA UNIFAMILIARE BASILIANO

Progetto architettonico:  
**arch. Gianluca Rosso**  
Progetto impiantistico:  
**per.ind. Fabio Benedetti**  
Progetto CasaClima:  
**arch. Gianluca Rosso**



## CASA CLIMA A INDICE TERMICO: 15 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Basiliano (UD)**  
Quota: **74 m slm**  
Gradi giorno: **2277**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento a cappotto in EPS  
**Tetto:** struttura in legno con irrigidimento strutturale in calcestruzzo e isolamento in XPS  
**Finestre:** telaio in pvc con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
riscaldamento con pompa di calore;  
impianto radiante a pavimento  
**Impianto di raffrescamento:** no



**CASA BIFAMILIARE PASSIVA  
NEL QUARTIERE A ENERGIA  
QUASI ZERO  
PORDENONE**



*Progetto architettonico:*  
**arch. Chiara Sesso**  
*Progetto impiantistico:*  
**per.ind. Mauro Goffredo**  
*Progetto CasaClima:*  
**arch. Chiara Sesso**



**CASA CLIMA ORO  
INDICE TERMICO: 5 kWh/m<sup>2</sup>a**

Ubicazione: **Pordenone**  
Quota: **24 m slm**  
Gradi giorno: **2459**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura  
**Pareti:** muratura in laterizio con isolamento in intercapedine in lana di roccia e controparete esterno in laterizio  
**Tetto:** struttura in legno con isolamento in lana di roccia  
**Finestre:** telaio in pvc con triplo vetro  
**Ventilazione con recupero di calore:** sì  
**Impianti:**  
riscaldamento tramite ventilazione meccanica con aggregato compatto e pretemperamento geotermico  
**Impianto di raffrescamento:** no



## RECUPERO E RESTAURO DEL VECCHIO MULINO AD USO RESIDENZIALE E POLIFUNZIONALE POVOLETTO

Progetto architettonico:  
**arch. Bruno Del Fabbro**  
Progetto CasaClima:  
**arch. Bruno Del Fabbro**



### CASA CLIMA B INDICE TERMICO: 46 kWh/m<sup>2</sup>a

Ubicazione: **Povoletto (UD)**  
Quota: **133 m slm**  
Gradi giorno: **2359**

**Tipologia costruttiva:** costruzione in muratura

**Pareti:** muratura mista ed in laterizio con isolamento in fibra di legno

**Tetto:** struttura in legno con isolamento in fibra di legno

**Finestre:** telaio in legno ed in alluminio a taglio termico con triplo vetro

**Ventilazione con recupero di calore:** predisposizione

**Impianti:**

riscaldamento con pompa di calore;

impianto radiante a pavimento

**Impianto di raffrescamento:** pompa di calore e sistema di emissione con split a parete

**APPENDICI**

## GLOSSARIO

### Blocchi cassero

I blocchi cassero sono elementi per la costruzione modulari e cavi, prodotti con materiale termoisolante (per esempio polistirene espanso o lana di legno mineralizzata), al cui interno viene realizzato il getto di calcestruzzo armato direttamente in opera. Nella parete così realizzata, la struttura portante è rivestita da uno strato isolante sia sul lato interno che su quello esterno.

### Calcestruzzo cellulare autoclavato (blocchi)

Sul mercato sono disponibili diversi tipi di blocchi da costruzione che possono essere usati in alternativa al laterizio. I blocchi in calcestruzzo cellulare autoclavato vengono prodotti con un impasto a base di sabbia, calce e cemento, che presenta una elevata porosità che conferisce al sistema un più alto potere termoisolante.

### Cappotto

Il cappotto è il sistema di isolamento termico realizzato sullo strato esterno delle pareti degli edifici. È composto da uno strato di pannelli isolanti fissati alla muratura mediante colle e tasselli, rifinito all'esterno con una rasatura rinforzata di circa mezzo centimetro. Il tipo di collante e rasante, nonché le caratteristiche e il numero dei fissaggi meccanici ed eventuali prodotti accessori, dipendono dal materiale isolante impiegato. Per garantire la massima qualità e durabilità del sistema a cappotto, è necessario che tutte le lavorazioni siano eseguite a regola d'arte, secondo le indicazioni tecniche di riferimento (come le linee guida ETAG 004 approvate a livello comunitario).

### CasaClima<sup>Più</sup> e CasaClima<sup>nature</sup>

Oltre alla classe CasaClima basata sulla qualità energetica, all'edificio può anche essere assegnata la certificazione CasaClima<sup>Più</sup>. Una CasaClima<sup>Più</sup>,

sia essa in classe B, A o Oro, è un edificio virtuoso anche dal punto di vista della sostenibilità, con particolare riferimento ai materiali impiegati che non devono essere dannosi per la salute o per l'ambiente.

Attualmente la certificazione CasaClima<sup>Più</sup> è stata sostituita dal marchio CasaClima<sup>nature</sup> che prevede una valutazione più rigorosa sui seguenti temi:

- l'impatto ambientale e l'energia grigia dei materiali della costruzione;
- la presenza di materiali certificati o di provenienza locale;
- l'impatto idrico (impermeabilizzazione del suolo e risparmio idrico);
- l'uso di prodotti, vernici e colle senza solventi o impregnanti chimici dannosi per l'uomo e per l'ambiente;
- la qualità dell'aria interna e la presenza di formaldeide, VOC, radon;
- la qualità dell'illuminazione naturale;
- il comfort acustico.

### Chilowattora (kWh)

Unità di misura dell'energia, può essere riferita sia all'energia elettrica (corrente) che all'energia termica (calore). Un elettrodomestico della potenza di 1 kW, ad esempio un forno elettrico, utilizzato alla massima potenza per un'ora, consuma 1 kWh di energia elettrica (1 kW x 1 h = 1 kWh). L'energia può anche essere misurata in Joule (1 kWh = 3.600.000 J).

Ma quanto è un chilowattora? È l'energia che serve per:

- guardare la televisione per 35 ore
- usare un frigorifero da 300 litri per 2 giorni
- cuocere 1 torta in forno
- effettuare 1 lavaggio completo in lavatrice
- pulire casa con l'aspirapolvere 2 volte per 30 minuti
- percorrere 2 km in automobile
- tenere accesa per 90 ore una lampadina a basso consumo da 11 watt
- usare il computer per 50 ore

### Conduttività (o conducibilità) termica $\lambda$

Vedere paragrafo a pag. 32.

### Energia netta

Vedere paragrafo a pag. 13.

### Energia primaria

Vedere paragrafo a pag. 13.

### Fattore solare g dei vetri

Esprime il rapporto in percentuale tra la quantità di energia solare trasmessa attraverso il vetro e la quantità totale di energia incidente sul vetro stesso.

### Gradi giorno

Il valore di gradi giorno è un indice che fa capire quanto freddo fa in una determinata località. Si ricava sommando, per ogni giorno del periodo di riscaldamento, il numero corrispondente alla differenza in gradi tra la temperatura media esterna e la temperatura degli ambienti riscaldati (20°C). Nella nostra regione, la località più fredda è Sauris con 4437 gradi giorno e la più calda è Trieste con 2102 gradi giorno.

### Indice termico CasaClima

È un parametro che indica la prestazione energetica dell'involucro edilizio ed è ottenuto secondo le indicazioni del protocollo CasaClima. Descrive la quantità di energia che deve essere fornita all'edificio nel periodo di riscaldamento per mantenere all'interno la temperatura di comfort (20°C).

Il calcolo dell'indice termico è finalizzato a rendere confrontabile il comportamento di edifici diversi tra loro, pertanto viene calcolato in modo standard ed espresso in kWh/mq (quantità di energia richiesta per ogni metro quadro di superficie abitabile riscaldata).

### Inerzia termica

È la capacità delle strutture dell'edificio di accumulare il calore e rilasciarlo più o meno

lentamente. Nei periodi estivi, le strutture ad alta inerzia funzionano come volano termico e consentono di disperdere il calore accumulato di giorno sfruttando il fresco delle ore notturne. L'inerzia termica si può quantificare attraverso i parametri di attenuazione e sfasamento:

- l'attenuazione indica la capacità della parete di attenuare l'effetto dei picchi di calore esterni;
- lo sfasamento indica il tempo dopo il quale il picco di temperatura esterna si fa sentire sul lato interno.

Vedere anche paragrafo a pag. 43.

### Isolamento a cappotto

Vedere la voce *Cappotto*.

### Legno (pannelli a tavole incrociate e strutture a telaio)

Le tecniche costruttive principali per realizzare gli edifici in legno sono due: con struttura a telaio o con pannelli a tavole incrociate. I pannelli a tavole incrociate, chiamati anche crosslam o xlam, sono composti da almeno tre strati di tavole di legno di conifera, fra di loro incrociate e incollate (o talvolta collegate tramite spinotti). I pannelli vengono prefabbricati in stabilimento secondo le indicazioni di progetto, già predisposti con le aperture per le finestre, le porte e i vani scala; una volta trasportati in cantiere, vengono messi in posizione con l'ausilio di una gru e collegati tra di loro mediante staffe e angolari metallici. Anche le strutture a telaio possono essere preassemblate in fabbrica, ma possono anche essere costruite in opera. In entrambi i casi, queste strutture sono caratterizzate da un insieme di montanti e traversi in legno massiccio, racchiusi sui due lati da pannelli di irrigidimento (pannelli di legno OSB o compensato, fibrogesso o fibrocemento, ecc.). L'intercapedine che ne risulta è riempita con materiale isolante. Una particolare struttura in legno può essere realizzata utilizzando, al posto delle travi in legno

massiccio, i travetti tipo TGI. Sono travi in legno composte, costituite da un'anima verticale sottile che può essere realizzata con un pannello tipo OSB, e da due rinforzi strutturali massicci alle estremità che creano una sezione cosiddetta a doppio T che consente di coniugare pesi ridotti, resistenza strutturale e riduzione delle disomogeneità termiche.

### Muratura armata

È un sistema costruttivo alternativo alle tradizionali strutture composte da travi e pilastri in calcestruzzo armato. Il sistema è basato sulla muratura portante in laterizio ed è definito muratura armata poiché la resistenza della parete viene rinforzata mediante l'utilizzo di barre metalliche e getti di calcestruzzo armato diffusi, sfruttando i letti di malta e le cavità dei blocchi in laterizio.

### Pannelli di legno a tavole incrociate

Vedere la voce *Legno*.

### Pompa di calore

Vedere paragrafo a pag. 48.

### Ponte termico

Vedere paragrafo a pag. 44.

### Potere calorifico

Indica la quantità di energia termica che viene liberata dalla combustione di una quantità unitaria (1 chilogrammo, 1 metro cubo, 1 litro, ecc.) del combustibile utilizzato per la produzione di calore.

### Trasmittanza termica U

È il valore caratteristico che serve per valutare l'isolamento termico di un elemento della costruzione. Rappresenta il flusso termico che attraversa un elemento dell'edificio (in regime stazionario) nell'unità di tempo e con una differenza di 1 grado di temperatura tra interno ed esterno. L'unità di misura utilizzata è il  $W/m^2K$ . La trasmittanza termica dei serramenti viene indicata con  $U_w$ , mentre i valori relativi al vetro e al telaio sono indicati rispettivamente con  $U_g$  e  $U_f$ .

## RIFERIMENTI NORMATIVI

### PRINCIPALI DIRETTIVE EUROPEE

#### Direttiva 2012/27/UE

sull'efficienza energetica.

*La direttiva stabilisce un quadro comune di misure per la promozione dell'efficienza energetica nell'Unione al fine di garantire il conseguimento dell'obiettivo principale dell'Unione relativo all'efficienza energetica del 20% entro il 2020 e di gettare le basi per ulteriori miglioramenti dell'efficienza energetica al di là di tale data.*

#### Direttiva 2009/28/CE

sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. *La direttiva stabilisce un quadro comune per la promozione dell'energia da fonti rinnovabili. Fissa obiettivi nazionali obbligatori per la quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e per la quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti.*

#### Direttiva 2010/31/UE

sulla prestazione energetica nell'edilizia. *La direttiva promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici all'interno dell'Unione, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi.*

### LEGISLAZIONE NAZIONALE SULL'EFFICIENZA ENERGETICA IN EDILIZIA

#### Legge 9 gennaio 1991, n. 10

Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

#### D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412

Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.

#### D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192

Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

#### D.M. 26 giugno 2015

Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione

delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici.

#### D.P.R. 16 aprile 2013, n. 74

Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192.

### DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI SUGLI EDIFICI E SUGLI IMPIANTI

#### D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

#### L.R. 11 novembre 2009, n. 19

Codice regionale dell'edilizia.

#### D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192

Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

#### D.Lgs. 3 marzo 2011, n. 28

Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

### CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

#### D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192

Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

#### D.M. 26 giugno 2015

Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

#### D.P.R. 16 aprile 2013, n. 75

Regolamento recante disciplina dei criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192.

## REQUISITI MINIMI PER GLI INTERVENTI SUGLI EDIFICI E SUGLI IMPIANTI

### D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192

Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

### D.M. 26 giugno 2015

Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.

### D.Lgs. 3 marzo 2011, n. 28

Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

### Regolamento (UE) n. 305/2011 del 9 marzo 2011

che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio.

### D.Lgs. 16 giugno 2017, n. 106

Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE.

## DEFINIZIONE DELL'EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO

### Direttiva 2010/31/UE

sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione).

### D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192

Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

### D.M. 26 giugno 2015

Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.

### Direttiva tecnica CasaClima della Provincia

#### Autonoma di Bolzano

[www.agenziacasaclima.it](http://www.agenziacasaclima.it)

### Indicazioni tecniche del Passivhaus Institut di Darmstadt

[www.passiv.de](http://www.passiv.de), [www.passivehouse-international.org](http://www.passivehouse-international.org)

## NORME DI CALCOLO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI

### UNI/TS 11300-1

Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

### UNI/TS 11300-2

Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione.

### UNI/TS 11300-3

Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.

### UNI/TS 11300-4

Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

### UNI/TS 11300-5

Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili.

### UNI/TS 11300-6

Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili.

### UNI EN 15193

Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione.

### UNI EN ISO 13790

Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.

## CALCOLO DELLE PRESTAZIONI TERMICHE DELLE STRUTTURE E DEI PONTI TERMICI

### UNI EN ISO 6946

Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo.

### UNI EN ISO 13786

Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo.

### UNI EN ISO 14683

Ponti termici nelle costruzioni edili – Trasmittanza termica lineare – Metodi semplificati e valori di progetto.

### UNI EN ISO 10211

Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali – Calcoli dettagliati.

## VERIFICA MUFFE E CONDENSE

### D.M. 26 giugno 2015

Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.

### UNI EN ISO 13788

Prestazione igrometrica dei componenti e degli elementi per l'edilizia. Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensa interstiziale – Metodo di calcolo.

### UNI EN 15026

Prestazione termoigrometrica dei componenti e degli elementi di edificio – Valutazione del trasferimento di umidità mediante una simulazione numerica.

## VERIFICHE RELATIVE AI COMPONENTI TRASPARENTI

### UNI EN ISO 10077-1 e 10077-2

Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica.

### UNI EN ISO 12567-1 e 12567-2

Isolamento termico di finestre e porte – Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda.

### UNI EN ISO 12631

Prestazione termica delle facciate continue – Calcolo della trasmittanza termica.

### UNI EN 13363-1 e 13363-2

Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate – Calcolo della trasmittanza totale e luminosa.

## VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITÀ ALL'ARIA DELL'INVOLUCRO

### UNI EN ISO 9972

Prestazione termica degli edifici – Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici – Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore.

## VALUTAZIONE DEL COMFORT

### UNI EN ISO 7730

Ergonomia degli ambienti termici – Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

### UNI EN 15251

Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.

### UNI EN ISO 13791

Prestazione termica degli edifici – Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione – Criteri generali e procedure di validazione.

### D.P.C.M. 5 dicembre 1997

Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.

### UNI 10840

Luce e illuminazione – Locali scolastici – Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale.

### UNI EN 12464-1

Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: Posti di lavoro in interni.

### UNI 10339

Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità classificazione e requisiti. Regole per la richiesta di offerta.

## VALUTAZIONI COSTI/BENEFICI DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

### Regolamento delegato (UE) n. 244/2012 del 16 gennaio 2012

che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica

nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi.

### **Informazioni della Commissione Europea 2012/C 115/01**

Orientamenti che accompagnano il regolamento delegato (UE) n. 244/2012 del 16 gennaio 2012 della Commissione che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per calcolare livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi.

### **UNI EN 15459**

Prestazione energetica degli edifici – Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici.

### **MECCANISMI NAZIONALI DI EFFICIENZA ENERGETICA PER IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI 2020**

#### **D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 115**

Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

#### **D.Lgs. 3 marzo 2011, n. 28**

Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

#### **D.M. 28 dicembre 2012**

Determinazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico che devono essere perseguiti dalle imprese di distribuzione dell'energia elettrica e il gas per gli anni dal 2013 al 2016 e per il potenziamento del meccanismo dei certificati bianchi.

#### **D.M. 28 dicembre 2012 e D.M. 16 febbraio 2016**

Incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni.

#### **D.Lgs. 4 luglio 2014, n. 102**

Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

## **AZIENDE CHE HANNO SOSTENUTO QUESTA PUBBLICAZIONE**

La costruzione di un edificio dalle elevate prestazioni energetiche richiede una adeguata qualità costruttiva, che deve essere garantita attraverso una progettazione attenta ed una realizzazione accurata, oltre all'utilizzo di materiali e soluzioni impiantistiche coerenti con l'obiettivo di efficienza energetica.

Sul nostro territorio, le competenze necessarie a costruire l'efficienza energetica nel settore edilizio sono cresciute di pari passo con la diffusione del protocollo CasaClima, originando così una rete di professionisti esperti, sia progettisti che imprese locali, a cui rivolgersi con fiducia.

Abbiamo chiesto ad alcune ditte del settore di dare un contributo alla realizzazione di questa pubblicazione.

Le aziende raccolte nelle pagine che seguono, forti di un valido percorso formativo e di una consolidata esperienza, possono offrire una risposta concreta a chi cerca professionalità per costruire o ristrutturare a basso consumo energetico.

Le aziende hanno la sede dell'attività in Friuli Venezia Giulia o territori limitrofi, ed i seguenti requisiti:

- hanno, tra i propri dipendenti e collaboratori, figure con una formazione specifica CasaClima che fungono da riferimento tecnico per i clienti;
- possono vantare almeno un edificio certificato con targhetta CasaClima e almeno due ulteriori edifici in fase di certificazione;

oppure sono aziende Partner CasaClima.



**ABITECO srl**

via Campoformido, 66  
33037 Pasian di Prato (UD)  
tel. 0432 69416 - fax 0432 69416  
info@abiteco.it  
www.abiteco.it

**Referenti aziendali per CasaClima:**

arch. Federico Florissi .....f.florissi@abiteco.it  
arch. Giorgio Spaziani ..... g.spaziani@abiteco.it

**ABITECO**  
edifici a basso consumo energetico

- Realizzazione edifici pubblici e privati
- Soluzioni chiavi in mano

premiati  
**CasaClima Awards**

The advertisement features a grid of nine photographs showing various residential buildings designed by ABITECO. The buildings vary in style, including modern houses with large windows, traditional-style houses with tiled roofs, and multi-story apartment buildings. The trophy is a golden cube with a house-like shape, featuring windows and doors, and is inscribed with 'KlimaHaus CasaClima'.



**BAUTEC srl**  
via Nazionale, 21  
33010 Reana del Rojale (UD)  
tel. 0432 297016  
bautec@bautec.it  
www.bautec.it

**Referente aziendale per CasaClima:**  
arch. Federica Cecconi ..... tel. 347 1934403



## Case evolute, ecosostenibili



**BAUTEC** PROGETTA E REALIZZA **CASE ECOSOSTENIBILI** DI PRESTIGIO UTILIZZANDO IL LATERIZIO TRADIZIONALE MA CON **SOLUZIONI INNOVATIVE:** IL **MATTONI POROTHERM BIO PLAN** DI **WIENERBERGER**. I **PROGETTI** VENGONO TOTALMENTE **PERSONALIZZATI** E PREVEDONO FINITURE DI ALTA **QUALITÀ**. GLI IMPIANTI SONO REALIZZATI CON **FONTI RINNOVABILI** MENTRE I SOLAI E LE COPERTURE SONO COSTRUITI IN **LEGNO CERTIFICATO**. INOLTRE, L’AFFIDABILITÀ DI **BAUTEC** GARANTISCE **COSTI CERTI E TEMPI BREVI** DI REALIZZAZIONE.





# You

IL TUO PERSONALE  
CONCETTO DI CASA

**YOU** è il progetto Biohaus che ti rende protagonista assoluto di una delle imprese più emozionanti della vita: costruire la propria casa.



**BIOHAUS srl**  
via Marconi, 81A  
33010 Tavagnacco (UD)  
tel. 0432 299792 - fax 0432 508940  
info@biohaus.it  
www.biohaus.it

**Referente aziendale per CasaClima:**  
Sandro Gennaro ..... info@biohaus.it



Dal 1998 costruiamo ville in bioedilizia, affiancandoti in ogni singola scelta per realizzare progetti unici, ponendo attenzione ad ogni minimo dettaglio.

Visita il nostro Showroom di Tavagnacco (UD) per scoprire cosa significa vivere in una **Biohaus**  
[www.biohaus.it](http://www.biohaus.it)



**DOMUSGAIA srl**

via IV Novembre, 47 - 33019 Tavagnacco (UD)

tel. 0432 855055

via Matteotti, 198 - 46025 Poggio Rusco (MN)

via Solferino, 24 - 20121 Milano

info@domusgaia.it

www.domusgaia.it

**Referenti aziendali per CasaClima:**

Matteo Sabadin ..... d.tecnico@domusgaia.it

Filippo Morandini ..... filippo.morandini@domusgaia.it



**DomusGaia Sustainable Living**

Elegance of design  
— efficiency in  
new wood technology





**Ecologiche  
ed esclusive.**



**EUROCASE**  
FRIULI SRL

Eurocase Friuli nasce nel 2004, dopo una trentennale esperienza nell'edilizia tradizionale, come impresa specializzata nella progettazione e costruzione di abitazioni a risparmio energetico con struttura portante in legno, per rispondere ad un mercato sempre più orientato verso le costruzioni ecologiche.

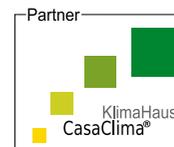
L'idea vincente di Eurocase è stata creare un'azienda solida ed innovativa, in grado di costruire abitazioni ispirate al concetto della Bioedilizia, una vera e propria impresa edile capace di realizzare direttamente la maggior parte delle opere.



**EUROCASE FRIULI srl**  
via Provinciale Osovana, 13  
33030 Buja (UD)  
tel. 0432 963252  
info@eurocasefriuli.it  
www.eurocasefriuli.it

**Referente aziendale per CasaClima:**

Vando Venuti  
cell. 348 5105660  
vando@eurocasefriuli.it



Disponiamo di una moderna ed avanzata Tecnologia Costruttiva che ci consente una flessibilità tale da soddisfare qualsiasi esigenza architettonica sia a livello progettuale che in fase di produzione, intervenendo in tempo reale sull'edificio e la sua struttura, offrendo al contempo soluzioni professionali all'avanguardia e di grandissima qualità.

Le nostre abitazioni si fanno apprezzare per la loro solidità e il design accattivante. Per chi le abita, per il comfort assoluto ed un risparmio energetico che ripaga nel tempo.

**Eurocase Friuli S.r.l.**  
Via Provinciale Osovana, 13 - 33030 BUJA (UD)  
Tel. +39.0432.963252 - info@eurocasefriuli.it  
www.eurocasefriuli.it



Progettare il comfort significa avere una visione chiara e completa degli aspetti che influenzano la vita degli individui nell'edilizia di nuova generazione.

Nuove sfide vengono oggi lanciate a chi crea soluzioni ideali per l'abbinamento in contesti architettonici moderni ed in linea con i più elevati standard normativi e di propensione futura. Integrare edificio ed impianto in questo ambito significa avere una visione chiara delle potenzialità, ma anche dei limiti dell'impiantistica attuale.

Per questo nasce EXRG, una società giovane e dinamica, frutto dell'esperienza pluriennale nell'ambito dell'engineering e della fornitura delle migliori tecnologie termotecniche, al servizio degli edifici nZEB. Per noi ogni soluzione è frutto di una definizione chiara degli obiettivi, condivisione progettuale, ottimizzazione tecnologica volta alla costituzione di impianti integrati e di alta qualità, caratterizzati da un perfetto equilibrio investimento/beneficio!

**EXRG srl**

via Ungheresca Sud, 3  
31010 Mareno di Piave (TV)  
tel. 0438 1710028  
info@exrg.it  
www.exrg.it

**Referente aziendale per CasaClima:**

ing. Stefano Faganello ..... faganello.s@exrg.it



In Friuli Venezia Giulia ci trovi a:

#### UDINE

via Rialto, 6  
33100 Udine  
tel. 0432 501306  
Agente Andrea Cella

#### CERVIGNANO DEL FRIULI

piazza Libertà, 15  
tel. 0431 31082

#### CODROIPO

via Roma, 95/1  
tel. 0432 906455

#### GEMONA DEL FRIULI

via XX Settembre, 24  
tel. 0432 970689

#### GORIZIA

viale XXIV Maggio, 2  
tel. 0481 534020

#### MONFALCONE

via Ponchielli (angolo Via Bixio), 6  
tel. 0481 790570

#### PORDENONE

piazzetta del Donatore, 1  
tel. 0434 522297



## HABITAS GREEN:

### LA POLIZZA DAL CUORE VERDE, PROGETTATA IN ARMONIA CON LA TUA CASA.

Dalla collaborazione con la Libera Università di Bolzano e con un team di esperti del settore, abbiamo sviluppato una polizza su misura che garantisce una **protezione specifica per le case certificate CasaClima** e per quelle costruite secondo i criteri della bioedilizia.

**HABITAS GREEN** è un prodotto esclusivo perché:

- ✓ è basato su studi scientifici dei materiali utilizzati e delle cause più frequenti di sinistro ad essi collegati;
- ✓ la tariffa è stata elaborata in collaborazione con esperti in tecnologia dei materiali e tecnici ITAS.

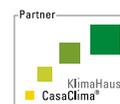


**ITAS**, nata nel 1821, è la **Mutua Assicuratrice più antica d'Italia**. Il forte legame di ITAS con i territori in cui opera si concretizza anche nella creazione di prodotti assicurativi **nel rispetto e nella protezione dell'ambiente**.

**DAI UN FUTURO SERENO AL TUO DOMANI**

Per maggiori informazioni cerca la tua agenzia ITAS su [gruppoitas.it](http://gruppoitas.it)

Habitas Green è un prodotto ITAS Mutua.  
Prima della sottoscrizione leggere il fascicolo informativo disponibile in agenzia o su [gruppoitas.it](http://gruppoitas.it)



CON TE, DAL 1821.  
[gruppoitas.it](http://gruppoitas.it)

# MARINIG

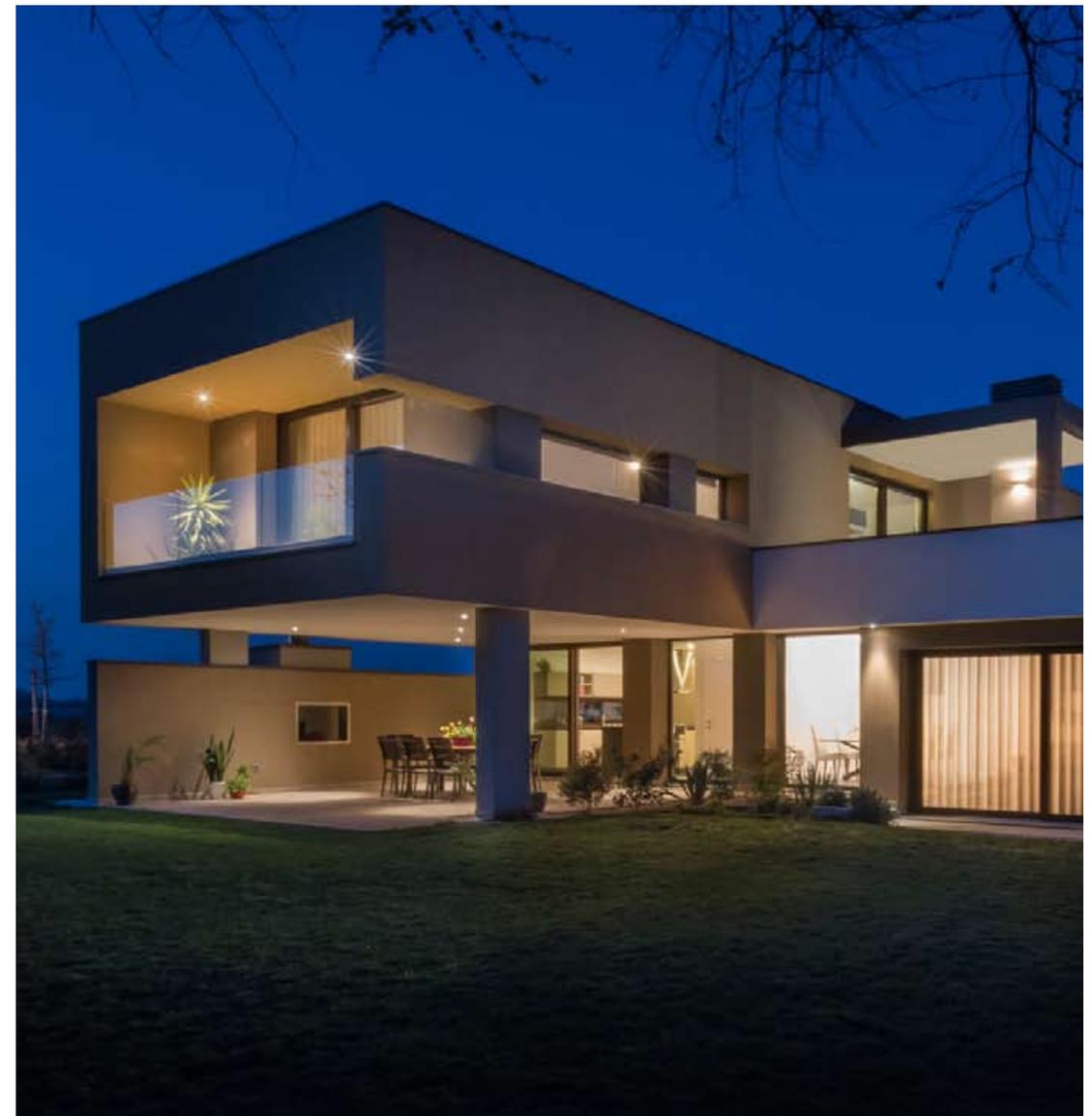
SERRAMENTI

**MARINIG REMO DI MARINIG PAOLO Sas**

via dell'Artigianato, 45  
33044 Cividale del Friuli (UD)  
tel. 0432 730088 - fax 0432 703453  
info@marinig.com  
www.marinig.com

**Referenti aziendali per CasaClima:**

Marco Cucovaz ..... marco@marinig.com  
Alan Sabbadini ..... alan@marinig.com  
Paolo Marinig ..... paolo@marinig.com



# MARINIG

SERRAMENTI

L'eleganza si unisce all'efficienza per vivere un benessere completo  
L'esperienza, la ricerca e l'accurata realizzazione dei serramenti MARINIG  
per elevate performances di isolamento termico e acustico

WWW.MARINIG.COM



**F.lli MORETTI sas**  
 via Saccomano, 14  
 33050 Nespolo (UD)  
 tel. 0432 764053 - fax 0432 763900  
 info@serramentimoretti.it  
 www.serramentimoretti.it

**Referente aziendale per CasaClima:**  
 Giulio Moretti.....direzione@serramentimoretti.it

# UNA STORIA INIZIATA NEL LONTANO 1925

PRODUZIONE  
FINESTRE IN PVC  
DAL 1972



Dal nonno Primo con la sua attività di falegname.  
 Succedettero periodi difficili, una GUERRA MONDIALE e finalmente la ripresa degli anni 60.  
 Nel 1960 Giambruno Moretti entra in Azienda.  
 Nel 1967 anche Giovanni Moretti affianca il padre.  
 Sono anni di fermento, l'uomo mette i piedi sulla Luna, ci sono i primi trapianti di cuore, nasce internet.  
 Sull'onda dello sviluppo la F.lli Moretti avvia l'avveniristica produzione di serramenti in PVC, era il 1972.  
 Seguirono interessanti collaborazioni e partnership con quelli che oggi sono i più importanti fornitori di materiali ed accessori.  
 Oggi, trascorsi quasi 40 anni da quel debutto, agli importanti traguardi raggiunti e certificazioni ottenute per qualità e sicurezza, la Moretti giunge all'apice rispettando i parametri Casa Clima.



## CERTIFICAZIONI



Certificazione porte esterne lungo la via di fuga VVCP1



Certificazione SOA OS6

**SEDE PRODUTTIVA**



F.LLI MORETTI sas  
 Via Saccomano, 14  
 33050 NESPOLEDO (UD)  
 Telefono: +39 0432 764053  
 Fax: +39 0432 763900  
 info@serramentimoretti.it

**PUNTO VENDITA**



F.LLI MORETTI sas  
 Via C. Nanino, 129  
 33010 REANA DEL ROJALE (UD)  
 Telefono: +39 0432 880089  
 info@serramentimoretti.it

**PUNTO VENDITA**



F.LLI MORETTI sas  
 Via San Daniele, 17  
 33033 CODROIPO (UD)  
 Telefono: +39 0432 905869  
 info@serramentimoretti.it



www.serramentimoretti.it



**ROSSI F.LLI srl**  
via G. Oberdan, 18  
33031 Variano di Basiliano (UD)  
tel. 0432 84318 - fax 0432 830494  
info@impresarossifratelli.com  
www.impresarossifratelli.com

**Referente aziendale per CasaClima:**  
geom. Massimo Rossi ..... tel. 0432 84318

# CASA ATTIVA

## UNA CASA CHE CONSUMA ZERO E PRODUCE ENERGIA



### Il futuro arriva adesso, vivici dentro

Inquadra in qr code con il tuo smartphone e guarda la nostra presentazione



Puoi scegliere tra la vendita diretta e il servizio su misura chiavi in mano.

**La nostra è un'impresa edile artigiana fondata nel 1968.** Una lunga storia di famiglia friulana legata, possiamo ben dirlo, al mattone. **Nel '90 entrano nell'impresa i figli, Massimo, Moreno e poi Manuela.** Stessa passione, identica ricerca dell'eccellenza, ma qualcosa di nuovo c'è: una naturale evoluzione verso l'edilizia sostenibile e l'efficienza energetica. **Costruiamo e ristrutturiamo in bioedilizia** secondo i protocolli energetici **CasaClima e Passivhaus.**

Case certificate a bassissimo consumo energetico per la vendita diretta e conto terzi. Costruiamo chiavi in mano, con prezzi e tempi chiari fin dall'inizio e preventivi intoccabili. Siamo stati pionieri nella nostra regione, i primi ad implementare le tecniche previste dal protocollo energetico CasaClima, andando a studiare direttamente a Bolzano. Siamo diventati esperti CasaClima e siamo accreditati **APE FVG**. Ad oggi le abitazioni che abbiamo costruito secondo questo protocollo sono tantissime e sono distribuite sul territorio di tutta la regione. E continuiamo a studiare per costruire case sempre più all'avanguardia in termini di efficienza energetica e di comfort abitativo. Proprio per questo abbiamo scelto di adottare anche il protocollo energetico Passivhaus e siamo diventati membri del **gruppo IG PASSIVHAUS FVG.**

**Seguici su Facebook**  
[facebook.com/Impresaedilerossivariano](https://www.facebook.com/Impresaedilerossivariano)

**PELLEGRINI**<sup>®</sup>  
the italian window



**Falegnameria PELLEGRINI srl**  
via Fontanive, 40  
33080 Castions di Zoppola (PN)  
tel. e fax 0434 97147 - cell. 335 1895226  
info@pellegrinisrl.biz  
www.pellegrinisrl.biz

**Referenti aziendali per CasaClima:**

Luca Pellegrini ..... luca@pellegrinisrl.biz  
Ivan Muzzin ..... ivan@pellegrinisrl.biz  
Nicola Brun ..... nicola@pellegrinisrl.biz



**PELLEGRINI**<sup>®</sup>  
the italian window

www.pellegrinisrl.biz



TECNOLOGIE COSTRUTTIVE  
PONTAROLO

**COMFORT** **VELOCITÀ**  
**RISPARMIO**  
**ECOLOGIA**  
**NZEB**  
**EFFICIENZA**  
**INNOVAZIONE**

**TECNOLOGIE INNOVATIVE  
PER LA TUA CASA**



KLIMAHOUSE TREND 2013  
DIPLOMA - CAT. INVOLUCRO EDILIZIO



KLIMAHOUSE TREND 2016  
MENZIONE - SISTEMA ISOLANTE



**PONTAROLO ENGINEERING spa**  
via Clauzetto, 20 - Z.I.P.R.  
San Vito al Tagliamento (PN)  
tel. 0434 857010 - fax. 0434 857014  
info@pontarolo.com  
www.pontarolo.com

**Referente aziendale per CasaClima:**  
arch. Andrea Da Canal  
tel. 0434 857010 - cell. 335 7423670  
andread@pontarolo.com



Cassero isolato  
per strutture  
in c. a.



Cassero isolato  
per solaio

**Edito da:**

*Agenzia per l'Energia del Friuli Venezia Giulia*

**Progetto e coordinamento:**

*Matteo Mazzolini*

**Contenuti:**

*Fabio Dandri, Andrea Nicli, Sara Ursella*

**Grafica e layout:**

*Agenzia per l'Energia del Friuli Venezia Giulia*

**Crediti fotografici:**

*Agenzia per l'Energia del Friuli Venezia Giulia*

*Abiteco srl pag. 48, 64-65*

*Cristiano Bortolini pag. 14*

*Andrea Boz pag. 52-53, 72-73*

*Erik Canciani pag. 66*

*Barbara Cassan pag. 12, 16, 17, 76*

*Francesco Castagna pag. 31*

*Bruno Del Fabbro pag. 84-85*

*DomusGaia srl pag. 68-69*

*Eurocase Friuli srl pag. 62-63*

*Giuseppe Ghedina pag. 70-71*

*Samuele Giacometti pag. 58-59*

*Paolo Gon pag. 49, 66-67*

*Adriano Maffei pag. 58*

*Andrea Martinelli pag. 78-79*

*Paolo Paviotti pag. 11, 15, 34, 74-75*

*Domenico Pepe pag. 24, 32*

*Gianluca Rosso pag. 80-81*

*Renzo Schiratti pag. 30*

*Chiara Sesso pag. 83*

*Settembre 2017*

**Agenzia per l'Energia del Friuli Venezia Giulia**

*via Santa Lucia, 19 - 33013 Gemona del Friuli (UD)*

*tel. 0432 980 322 - [www.ape.fvg.it](http://www.ape.fvg.it) - [info@ape.fvg.it](mailto:info@ape.fvg.it)*



**APE**

**Agenzia Per l'Energia  
del Friuli Venezia Giulia**  
[www.ape.fvg.it](http://www.ape.fvg.it)