

Beatrice Spirandelli

PROGETTARE EDIFICI PASSIVI CON MATERIALI NATURALI

 Legislazione Tecnica



“A Irene”

Beatrice Spirandelli

Laureata in architettura al Politecnico di Milano, si è specializzata in bioarchitettura presso la facoltà di Ingegneria di Bologna e ha seguito un master in progettazione sostenibile dell'ambiente costruito presso l'Università di Firenze e la Metropolitan University di Londra. È progettista certificato Passivhaus e si occupa di progettazione, comunicazione e consulenza e nell'ambito dell'architettura sostenibile e dell'interior design, oltre che di certificazione e riqualificazione energetica degli edifici esistenti. Partner presso lo studio di architettura MA2A, nella sua carriera ventennale nel settore della comunicazione ha al suo attivo la pubblicazione di più di cento articoli e libri inerenti vari aspetti della sostenibilità ambientale in architettura, la partecipazione a seminari e conferenze nazionali ed internazionali, una cattedra di tipologia di materiali ed una in cultura illuminotecnica presso l'Istituto Europeo di Design di Milano, nell'ambito del quale segue anche progetti speciali.

Consuelo Nava

Ricercatrice universitaria, settore ICAR 12 – Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura e Territorio (dArTe) dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria. Resp. scientifica del centro ABITATlab, laboratorio Architettura Bioecologica e Innovazione Tecnologica per l'Ambiente, sede di Reggio Calabria. Attualmente Delegata alla Ricerca, Terza Missione e Rapporti Istituzionali con il Territorio del dArTe. Insegna al corso dell'Atelier di Tesi – SID, Sustainable Innovation Design.

Tra gli ultimi lavori sui temi, i libri manuali:

- Edifici Sostenibili. Particolari Costruttivi. 120 schede con i dettagli esecutivi, DEI ed., Roma, 2012
- Ipersostenibilità e Tecnologie abilitanti. Teoria, Metodo e Progetto, Aracne ed., Roma, 2019

© Copyright Legislazione Tecnica 2020

La riproduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione con qualsiasi mezzo, nonché la memorizzazione elettronica, sono riservati per tutti i paesi.

Finito di stampare nel mese di settembre 2020 da
LOGO s.r.l., Via Marco Polo, 8 - 35010 Borgoricco (PD)

Legislazione Tecnica S.r.l.
00144 Roma, Via dell'Architettura 16

Servizio Clienti
Tel. 06/5921743 – Fax 06/5921068
servizio.clienti@legislazionetecnica.it

Portale informativo: www.legislazionetecnica.it
Shop: Itshop.legislazionetecnica.it

Il contenuto del testo è frutto dell'esperienza dell'Autore, di un'accurata analisi della normativa e della pertinente giurisprudenza. Le opinioni contenute nel testo sono quelle dell'Autore, in nessun caso responsabile per il loro utilizzo. Il lettore utilizza il contenuto del testo a proprio rischio, ritenendo indenne l'Autore da qualsiasi pretesa risarcitoria. I testi normativi riportati sono stati elaborati e controllati con scrupolosa attenzione. Sono sempre peraltro possibili inesattezze od omissioni, ma che non possono comportare responsabilità dell'Editore.



PREFAZIONE

EDIFICI PASSIVI, ANZI “CIRCOLARI E RIGENERATIVI”. VERSO PROCESSI E PROGETTI “AGILI”.

La proposta di Beatrice Spirandelli di rendere disponibile un libro di istruzioni tecniche sui temi degli edifici passivi, alla luce di un tempo in cui il concetto di sostenibilità deve misurarsi con altri approcci ormai emergenti, quali quello dei modelli circolari e dei sistemi rigenerativi, è certamente una sfida importante.

Negli anni '90, nello scenario di produzione tecnica e procedurale delle norme di settore dedicate alla progettazione degli edifici sostenibili, si è assistito ad una evoluzione circa la qualificazione della sostenibilità ambientale degli edifici, che è stata differenziata dalle prescrizioni e dalle procedure riferite alla certificazione energetica degli stessi. Una distinzione nata, più che altro, dalla necessità di tracciare i percorsi di adesione volontaria a protocolli, linee guida, modelli di sostenibilità, differenziandoli da quelli regolamentati per l'ottemperanza agli indici prestazionali energetici, che puntano alla certificazione raggiunta grazie al risparmio energetico perseguito.

Possiamo ormai assumere criticamente che la distinzione tra modello energetico di un edificio convenzionale e uno passivo, nei tempi in cui è stata formulata, ha affidato la prestazione finale del proprio funzionamento al sistema *“invólucro”*, alla tecnologia dei suoi sistemi costruttivi e stratificazioni e alle modalità di messa in opera di tutte le unità tecnologiche, oltre che ad un'idea di target di consumo energetico in KWm²/h, riferibile soprattutto al sistema di condizionamento e di uso di dispositivi e impianti.

In una nuova dimensione più *“responsive”* dei modelli di edificio sostenibile, nella loro migliore definizione del progetto e delle tecnologie più innovative per realizzarlo, il tema diviene certamente più ampio e assume un maggior valore l'idea di un funzionamento passivo dell'edificio in qualsiasi clima e regime stagionale, connesso a prestazioni quali l'illuminazione naturale, il riscaldamento ed il raffrescamento naturale, la ventilazione naturale o assistita. Sono questi i requisiti assumibili in fase di progetto, quelli che Beatrice Spirandelli definisce non a caso nelle *“regole progettuali”* del secondo capitolo, come *“guadagni passivi”* dell'edificio. Tale asset consente l'evoluzione verso una versione più innovativa del concetto di involucro e di pelle reattiva, a cui si affida la prima risposta performante e compatibile (rispetto ai materiali utilizzati), che richiede una particolare attenzione in fase di selezione e di scelta dei sistemi costruttivi più compatibili. Gli impianti sono chiamati ad assumere un ruolo più collaborativo per





Prefazione

l'ottenimento della prestazione finale, con l'obiettivo di ottenere un modello ibrido attivo-passivo, capace magari di alimentare la domanda di energia delle unità impiantistiche vere e proprie dimensionando gli impianti ai reali fabbisogni dell'utenza e ai servizi di gestione dello stesso o con l'impiego di tecnologie solari. (C. Nava, 2012) Su questo modello di edificio sostenibile, e della sua capacità di rispondere a standard di qualità ambientale e energetica nel tempo, si è costruita l'esperienza più evoluta in termini di tipologia edilizia destinata alle residenze, agli edifici scolastici, agli edifici per uffici, che ha visto molte realizzazioni e il trasferimento di buone pratiche tra gli anni novanta e la prima decade del duemila. Di fatto nel frattempo la sperimentazione su alcune particolari componenti nel settore della produzione dei materiali per le costruzioni ha mutato lo scenario della produzione edilizia e dei suoi caratteri più innovativi.

Mentre il controllo della rispondenza a certi standard di qualità per livello di prestazioni degli edifici ha interessato e la formulazione di protocolli utili a misurarne l'efficienza e certificarne le prestazioni e la classe raggiunta, anche nella sua ultima evoluzione rispetto agli standard di un edificio-tipo, la possibilità di conseguire certi profili energetico-ambientali si è maggiormente affidata all'innovazione della produzione edilizia con riferimento ai materiali e ai componenti.

È evidente che il mercato dei prodotti per l'edilizia ha puntato a rispondere alle nuove esigenze e richieste prestazionali, certificando i propri "nuovi" prodotti e valutandone il livello di ecologicità rispetto alle materie prime di trasformazione e la capacità degli stessi, una volta impiegati, di non impattare sui sistemi biologici e fisici degli utenti e del contesto di riferimento. La produzione che si è spinta oltre ha voluto elaborare livelli di certificazione riferiti al ciclo di vita dei componenti (*LCA*), fino ad arrivare in certi casi alla certificazione europea o ambientale di prodotto (certificato EPD® – *Environmental Product Declaration*), o in alternativa a valutare la filiera e i processi produttivi da materie prime seconde, certificandoli e garantendone la provenienza da processi di riciclo e una possibile riciclabilità (es. marchio Cradle to Cradle®). L'evoluzione più recente è rappresentata dall'approccio alla circolarità dei cicli produttivi e delle filiere che impiegano materie prime e materie prime seconde, fino al riutilizzo di scarti, sfridi e rifiuti provenienti da compatti anche diversi da quelli dell'edilizia, per produrre materiali e componenti sempre più rispondenti al profilo di sostenibilità e prestazione energetica attese.

È evidente che riferirsi a filiere produttive che prevedono l'uso di materie prime naturali, piuttosto che limitarsi semplicemente a quelle che presentano un alto profilo ecologico, aumenta la capacità dell'edificio di rispondere in maniera diretta alla domanda di sostenibilità, dalla fase progettuale alla realizzazione in cantiere, con alti livelli di sicurezza, salubrità e benessere in fase di esercizio. Il ciclo di vita utile di tali componenti per l'edilizia presenta spesso un alto profilo ambientale rispetto ad altri componenti di tipo ecologico e certamente convenzionale, ma fa fatica a raggiungere le prestazioni energetiche raggiungibili da un componente con una stratificazione di materiali provenienti da filiere produttive convenzionali. È evidente che tale scarto si può gestire tramite un più attento e dedicato progetto dell'edificio alla scala dei suoi componenti e del funzionamento passivo. In tal caso la fase progettuale diviene fondamentale e la qualità energetica totale si deve attribuire a modelli di configurazione dell'edificio nella sua forma, nel rapporto superfici opache/trasparenti, nel fattore di





Prefazione

forma e nella capacità di gestire il modello d'uso delle singole unità. Altresì ponendo molta attenzione alla stratificazione dei sistemi costruttivi di involucro, lavorando sul rapporto spessore/caratteristiche fisiche del materiale impiegato.

I materiali edilizi che Beatrice Spirandelli illustra nel terzo capitolo non a caso provengono perlopiù da filiere naturali di tipo vegetale e animale. La capacità di queste filiere di produzione di controllare l'impatto dalla fase di captazione della materia prima fino all'impiego del materiale in fase di cantiere, restituisce un primo livello di sostenibilità di tipo "rigenerativo". L'energia inglobata dai materiali è molto bassa, mentre gli stessi possono assicurare alti livelli di prestazione in fase di risposta alle esigenze energetiche connesse al benessere termoigometrico, all'isolamento acustico e al peso ambientale dei sistemi costruttivi che realizzano. È evidente che tali scelte sono maggiormente controllabili e verificabili nelle fasi di monitoraggio durante l'esercizio, in configurazioni di edifici non troppo complessi e in cui il modello tipologico e d'uso è molto specifico. Si comprende quindi la scelta dell'autrice di proporre casi realizzati con riferimento ad edifici per abitazione, da cui emerge quanto in precedenza riferito sui temi del rapporto tra configurazione dell'edificio/sistemi costruttivi/modello energetico.

Vale la pena chiedersi quanto il modello circolare e rigenerativo possa spingersi sempre più avanti per restituire un nuovo modello di "edificio sostenibile" e quanto questo possa essere riferito in un rapporto di scala e funzioni, tanto ad edifici per abitazioni quanto ad edifici più complessi. Emerge quindi la necessità di formulare nuovi paradigmi per un "advanced design process" con riferimento ad edifici sempre più "agili" e a processi di "upcycling" in grado di gestire la trasformazione produttiva da materia prima seconda a nuovi componenti per l'edilizia. Tali processi innovativi sono chiamati a rispondere alla domanda di alte prestazioni in contesti urbani e urbanizzati, in distretti energeticamente autonomi e in transizione, caratterizzati da clima, suolo, aria e risorse differenti, che divengono a tutti gli effetti componenti di un progetto resiliente ed innovativo che guarda almeno verso il 2030. "Essere agili" significa rispondere a tali cambiamenti con alti livelli prestazionali, adattandosi alle mutevoli esigenze e nel contempo innescando processi di innovazione radicale verso sistemi sempre più "circolari", a livello di progetto, di processo e di prodotto. Le tecnologie abilitanti divengono "i dispositivi di servizio" a tale "performance" ed esse stesse si adattano ai contesti in cui sono chiamate a governare il processo/progetto per produrre "qualità" nell'uso, nel funzionamento, nelle configurazioni dei sistemi urbani e dell'architettura costruita. La città – sottoposta ad uno stress importante in questi anni di forti cambiamenti insediativi e ambientali – da territorio "fragile" diviene il contesto privilegiato e l'ambiente da rendersi resiliente, in cui innescare tali processi e innestare tre livelli di innovazione a beneficio degli utenti/cittadini. (C. Nava, 2019) Un progetto sostenibile ed innovativo, ad alte prestazioni, attraverso:

- il controllo delle **componenti fisiche** città-edificio: il contesto esistente può produrre "sistemi rigenerativi", rispondenti a nuovi assetti, senza necessità di alti investimenti economici, ma attuando politiche di economia circolare, metabolismo, densificazione, compensazione, resilienza, riciclo, etc attraverso processi di scenario 2030/50, per assetti in transizione energetica (utente-produttore, rinnovabili, smart grid...);



Prefazione

- l'integrazione di **dispositivi digitali** città-edificio: utili a informare il progetto dei possibili assetti insediativi e di funzionamento alla scala urbana, con mappature di localizzazione e relazione tra le risorse; la capacità di prevedere, controllare, monitorare e facilitare l'uso dei servizi urbani e del funzionamento degli spazi confinati (performance attivo-passivo), ma anche l'uso di processi e tecnologie avanzate e "smart" al fine di controllare il progetto e la realizzazione di sistemi altamente "adattivi". L'additive manufacturing (per prototipi in scala), il sensoring, l'integrazione tra sistemi e materiali tradizionali e sistemi e materiali innovativi in sistemi ibridi, il controllo delle prestazioni dell'involucro edilizio in fase progettuale e di uso, il sistema informativo con applicazioni e dispositivi;
- il progetto e il processo dei **fattori ambientali** città-edificio: qualità degli spazi e della costruzione capace di produrre qualità della vita e alti livelli di gestione e sicurezza dei sistemi ambientali, attraverso il controllo di ogni ciclo di vita di processo/prodotto, l'abbattimento delle emissioni climalteranti, la realizzazione di spazi in ambiente resiliente, la capacità di controllare livelli di "compatibilità" e "compensazione" tra sistemi a tutte le scale del progetto e con il coinvolgimento dei differenti sistemi naturali/artificiali. La scelta di un "design" urbano e di edificio capace di definire la propria configurazione sui temi dell'energia, del riciclo e dell'innovazione dei materiali, dei sistemi ibridi, del modello di funzionamento più performante e rispondente al contesto e al ciclo di vita programmato.

La sfida di Beatrice Spirandelli, che ha trovato nella sua introduzione al testo i riferimenti anche per questo ultimo scenario da *me espresso*, fornisce un contributo certamente significativo al tema progettuale e gestionale dei processi costruttivi e alla loro risposta utile alla selezione di materiali naturali e dall'alto profilo ecologico e energetico, in tutto il loro ciclo di vita. Un'ottima base per chi guarda ai temi tradizionali del costruire ma secondo un approccio innovativo, verso scenari sostenibili futuri più "*rigenerativi*".

Consuelo Nava
Ricercatrice universitaria





INTRODUZIONE

Il concetto di sostenibilità ambientale è nato negli anni Settanta, quando la crisi petrolifera ha imposto una serie di riflessioni sugli effetti che le attività umane comportano sul presente e sul futuro degli abitanti del pianeta. Tuttavia solo negli anni Ottanta il mondo scientifico, e di conseguenza quello politico, hanno realizzato che il futuro delle prossime generazioni era già compromesso e che era necessario agire al più presto per porre dei limiti allo sfruttamento del pianeta che oggi è volto soltanto a soddisfare i bisogni e le ambizioni degli uomini. Nel decennio successivo il comparto edilizio ha cominciato a prendere lentamente coscienza della necessità di ridurre una domanda energetica che fino a quel momento è cresciuta in modo direttamente proporzionale all'evoluzione tecnologica degli impianti. All'inizio del nuovo millennio si è cominciato a parlare di *greenbuilding*, riferendosi sostanzialmente ad una valutazione dell'impatto ambientale degli edifici limitandosi e focalizzare gli obiettivi a breve periodo, considerando la risposta alle esigenze del cliente e l'ottenimento di condizioni di comfort in riferimento soltanto ad un maggiore livello di efficienza energetica. Si è quindi cominciato a valutare quest'ultima a diverse scale, riferendosi a protocolli di certificazione energetica definiti per calcolare le prestazioni energetiche degli edifici a diversi livelli, che spaziano dagli attestati obbligatori imposti dall'Unione Europea ai certificati volontari "di garanzia" che tengono conto anche della qualità del costruito quali ad esempio i protocolli *Casaclima* o *Passivhaus*.

Negli ultimi anni il concetto di edificio sostenibile è stato oggetto di una continua evoluzione: l'orizzonte temporale della valutazione delle conseguenze ambientali del costruito si è spostato via via sempre più a lungo termine, fino a che si è acquisita consapevolezza del fatto che ogni edificio ha una propria vita utile durante la quale si deve tener conto anche dell'energia e dei materiali consumati nell'intero ciclo di vita degli elementi e dei prodotti che lo compongono. Le scelte progettuali e costruttive imposte da ogni progetto sono chiamate a garantire nel lungo periodo un'efficienza energetica e ambientale sempre maggiore e in quest'ambito anche le dovute analisi costi e benefici sono state estese ad un arco temporale più ampio. Alla luce di questa consapevolezza diventa opportuno in ogni singolo progetto puntare in primo luogo sull'efficienza energetica dell'involucro piuttosto che su quella degli impianti, in modo da ridurre all'origine il fabbisogno di energia e cominciare a parlare in termini di sufficienza più che di efficienza energetica, un passo indispensabile per giungere eventualmente a parlare di autosufficienza. Dopo avere discusso per anni su come aumentare l'efficienza degli impianti degli edifici "green", oggi è doveroso approcciarsi ad ogni progetto tenendo conto del fatto che solo se la configurazione





Introduzione

dell'involucro e l'impiego dei materiali sono corretti l'edificio può diventare energeticamente “*sufficiente*”, ovvero capace di ridurre il fabbisogno di energia degli impianti in una misura tale da farlo diventare irrisorio. In questa sede il termine “*sufficiente*” può essere associato all'acronimo *nZEB* (*nearly Zero Energy Building*) che nel linguaggio corrente identifica gli edifici a ridotto consumo energetico.

Queste considerazioni valgono anche e soprattutto nel momento in cui si affronta la riqualificazione energetica degli edifici esistenti, poiché anche e soprattutto in questo caso i progettisti sono chiamati a ridurre l'enorme impatto che il costruito rappresenta in termini di consumi energetici. La domanda di energia di ogni edificio oggi va analizzata, prevista e contabilizzata in modo sempre più minuzioso per aumentare la consapevolezza della composizione dei consumi e quindi capire dove e come poterli ridurre. Non ci si può più limitare a parlare di fabbisogno energetico per il riscaldamento, il raffrescamento e l'acqua calda sanitaria, ma si devono analizzare anche le altre voci di consumo (e quindi di efficienza) legate all'illuminazione, alla salubrità dell'aria interna (ventilazione meccanica controllata), al trasporto di persone e di cose e all'uso di elettrodomestici e apparecchi elettrici. Solo seguendo questa strada si può cominciare a parlare di “*autosufficienza*” energetica, un risultato ottenibile coniugando la massima efficienza (quella che poche righe fa abbiamo chiamato “*sufficienza*”) con la produzione integrata in loco di diverse forme di energia rinnovabile. Le varie normative e i più importanti protocolli di certificazione energetica si stanno muovendo da qualche tempo in questo senso.

Se consideriamo la questione ambientale da un altro punto di vista, è ormai noto come oggi, a livello globale, il genere umano stia usando un capitale naturale pari a una volta e mezzo quello che il nostro pianeta ci mette a disposizione e che nel caso non riuscissimo a invertire questa tendenza nel 2030 ci servirà addirittura il doppio delle risorse offerte dalla terra. L'*autosufficienza* energetica purtroppo non basta ad assicurare un futuro al genere umano e a garantire alle generazioni future la stessa dotazione di risorse che abbiamo a oggi a disposizione. In edilizia questo trend negativo proseguirà fino a quando si continuerà a costruire e riqualificare gli edifici utilizzando per lo più materiali sintetici che nella maggior parte dei casi, alla luce dell'analisi del loro ciclo di vita, si rivelano nocivi sia per il pianeta sia per la salute degli abitanti. Neppure l'impiego massiccio di materiali riciclati si rivela sufficiente a invertire la rotta, anche perché se è vero che essi consentono un minore consumo di materie prime vergini, è altrettanto vero che richiedono comunque l'uso di ulteriore energia di processo durante il proprio ciclo di vita, un fattore da valutare per capire se vale o meno la pena impiegare questo genere di prodotti. A livello globale l'unica strada da intraprendere per invertire la rotta è quella di adottare un modello di sviluppo rigenerativo, ispirato al funzionamento ciclico della natura in cui le parole chiave suonano positive: invece che di sfruttamento o di estrazione si discute di crescita e di sviluppo, invece di dismissione si parla di *upcycle*, un termine che in italiano non trova un corrispondente ma possiamo spiegare come *l'utilizzo di materiali di scarto progettato in modo da creare nuovi prodotti caratterizzati da un valore maggiore del materiale di partenza*. L'estrazione e l'impiego di materie prime vergini presenta un grande svantaggio: queste risorse non si rigenerano. Tutte le materie prime utilizzate ad esempio nella produzione del cemento, come la sabbia e la ghiaia, una volta mescolate sono perse



Introduzione

per sempre in quanto non sono più recuperabili in questa forma, per non pensare agli squilibri ambientali che la loro estrazione comporta. Esistono materiali la cui disponibilità è ancora più compromessa e che nonostante ciò seguitano ad essere estratti dalla crosta terrestre: il ministero dell'economia tedesco aveva calcolato già nel 2005 che le risorse globali di piombo, zinco e stagno sarebbero durate ancora per 25 anni se fossero state estratte con la medesima intensità, e anche il rame ed il ferro stanno cominciando a scarseggiare. Nell'ambito dei processi rigenerativi e circolari il termine scarsità viene sostituito con rinnovabilità, mentre il concetto di "fine vita" tende a scomparire, per il motivo che non ci sono scarti da dismettere, in quanto ogni elemento del sistema è funzionale alla sua evoluzione.

Dopo la terza rivoluzione industriale, che ci ha consentito di applicare la tecnologia digitale all'automazione della produzione e che è quella che ci consente di produrre ad esempio murature in argilla cruda mediante una stampante 3D, siamo alle soglie di una quarta rivoluzione che è chiamata a re-introdurre alcuni aspetti biologici nel mondo industrializzato. Una rivoluzione "*caratterizzata da una fusione di tecnologie differenti che tende a superare i confini tra le sfere fisica, digitale e biologica*" per dirla con le parole di Klaus Schwab, fondatore e presidente esecutivo del *World Economic Forum*.

Affrontare questo nuovo passaggio in edilizia significa innanzitutto utilizzare la quantità minima di materiale indispensabile a realizzare ogni progetto, valutando i prodotti anche in funzione del loro costo ambientale e non solo del prezzo e delle prestazioni, e preferire prodotti di origine naturale, preferibilmente vegetale, realizzati con materie prime coltivate che durante il loro ciclo di vita sono in grado di rigenerare il capitale naturale a nostra disposizione. Ad oggi il mercato propone un intero comparto di prodotti edili anche ad alto contenuto tecnologico che derivano dalla trasformazione di scarti provenienti dal settore agricolo, il cui impiego consente di progettare e costruire edifici anche autosufficienti dal punto di vista energetico contribuendo all'inizio di una nuova era, quella dell'architettura rigenerativa capace nel lungo termine di restituire alle persone ed al pianeta una quantità di risorse maggiore di quelle che solitamente vengono estratte.





INDICE

CAPITOLO 1 - I FONDAMENTI DEGLI EDIFICI PASSIVI	15
1.1 I presupposti degli edifici passivi	15
1.2 La salubrità degli ambienti interni	19
1.3 Le condizioni di comfort	22
1.4 La convenienza economica	23
1.5 Gli edifici passivi in numeri	25
1.6 I vincoli climatici	26
1.7 La ristrutturazione energetica profonda degli edifici esistenti	28
1.8 Fondamenti di edilizia rigenerativa	31
CAPITOLO 2 - LE REGOLE PROGETTUALI	39
2.1 L'evoluzione del progetto: dall'architettura vernacolare alla tecnocrazia	39
2.2 I guadagni passivi	47
2.2.1 Forma ed esposizione dell'edificio	47
2.2.2 La componente termica passiva dell'energia solare	55
2.2.3 La componente luminosa dell'energia solare	59
2.2.4 Le superfici trasparenti	67
2.3 Le strutture opache	76
2.3.1 L'isolamento termico	76
2.3.1.1 I materiali isolanti naturali	84
2.3.2 La massa termica	86
2.3.3 I ponti termici	92
2.3.3.1 I ponti termici geometrici	95
2.3.3.2 I ponti termici lineari: nodi strutturali	95
2.3.3.3 I ponti termici puntuali legati alla posa dei serramenti	102
2.4 Ermeticità e traspirabilità	105
2.4.1 La tenuta all'aria	105
2.4.2 La tenuta al vento	112
2.5 La ventilazione	115
2.5.1 La ventilazione meccanica controllata	115
2.5.2 La ventilazione naturale	124
2.6 Cenni di impiantistica	133



2.6.1	Impianti di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria	133
2.6.2	Impianti di raffrescamento	138
2.6.3	Illuminazione artificiale e consumi elettrici	141
2.6.4	La produzione di energia da fonti rinnovabili	149
 CAPITOLO 3 - GLI STRUMENTI PER LA PROGETTAZIONE		151
3.1	I protocolli di certificazione	151
3.1.1	Il protocollo di certificazione CasaClima	152
3.1.2	Il protocollo di certificazione Passivhaus	156
3.2	Sistemi di simulazione e monitoraggio del comportamento energetico degli edifici	158
3.2.1	La simulazione <i>ante-operam</i>	158
3.2.2	Il monitoraggio <i>post-operam</i>	165
3.3	I dati climatici	167
3.4	Materiali edilizi e sistemi isolanti rigenerativi	172
3.4.1	Fibra di legno	183
3.4.2	Sughero	185
3.4.3	Lana di pecora	188
3.4.4	Fibra di cellulosa	190
3.4.5	Fibra di canapa e calce canapulo	193
3.4.6	Paglia	197
3.4.7	Vetro cellulare	201
3.5	Diagnostica non distruttiva per i controlli in cantiere	205
3.6	Valutazione della convenienza economica	211
3.6.1	Tempo di ritorno attualizzato	213
3.6.2	Valore attuale netto	214
3.6.3	Indice di profitto	215
3.6.4	Costo dell'energia risparmiata	216
 CAPITOLO 4 - EDIFICI RIGENERATIVI		219
4.1	Casa UD - Restauro di un edificio con paglia, legno e pietra a Chamois (AO)	221
4.1.1	Scheda progetto	221
4.1.2	Descrizione del progetto	222
4.2	Casa SCL - Abitazione elementare in legno e paglia a Vicenza	226





4.2.1	Scheda progetto	226
4.2.2	Descrizione del progetto	227
4.3	Abitazione in legno, paglia e calcecanapulo a Lavagno (VR) ..	231
4.3.1	Scheda progetto	231
4.3.2	Descrizione del progetto	232
4.4	Abitazione bifamiliare certificata in legno e canapa a Pfitsch (BZ)	236
4.4.1	Scheda progetto	236
4.4.2	Descrizione del progetto	237
4.5	Abitazione in legno, sughero e canapa a Galzignano Terme (PD)	241
4.5.1	Scheda progetto	241
4.5.2	Descrizione del progetto	242
4.6	Abitazione in legno, paglia e sughero a Magnago (MI)	246
4.6.1	Scheda progetto	246
4.6.2	Descrizione del progetto	247
4.7	Abitazione in legno e paglia in Franciacorta (BS)	251
4.7.1	Scheda progetto	251
4.7.2	Descrizione del progetto	252
4.8	Abitazione in legno, paglia e sughero a Fara Gera d'Adda (BG)	255
4.8.1	Scheda progetto	255
4.8.2	Descrizione del progetto	256
APPENDICE		259
Indice delle Figure, delle Tabelle e Check list		259
Indice dei crediti alle Figure		265
BIBLIOGRAFIA		269





**Pagine non disponibili
in anteprima**



2.2.4 Le superfici trasparenti

I serramenti esterni rappresentano il componente tecnologico più complesso dell'intero involucro disperdente, in quanto influiscono contemporaneamente sull'andamento di svariati fattori quali i guadagni termici e le perdite per trasmissione e ventilazione dell'involucro, il livello di illuminazione naturale e d'areazione naturale degli ambienti, la possibilità di ventilarli talvolta naturalmente provvedendo al raffrescamento degli stessi, il livello di isolamento acustico e la sicurezza degli edifici, oltre che la presenza di ponti termici ed acustici legati alla loro posa. Generalmente essi rappresentano il componente edilizio più costoso tra quelli che costituiscono l'intero involucro e sono formati a loro volta da diversi elementi che è necessario valutare, non limitandosi alla trasmittanza termica della parte vetrata.

Una scelta accurata dei serramenti pesata in una ottica costi/benefici in funzione delle loro caratteristiche, associate ad un dimensionamento e ad un loro posizionamento corretto sulle diverse facciate, può implicare notevoli variazioni del comportamento passivo dell'edificio, sia dal punto di vista termico che illuminotecnico, e quindi della domanda di energia necessaria per gestirne il comfort. Le caratteristiche da valutare, oltre alla trasmittanza termica, sono: il fattore solare del vetro che ne esprime la potenzialità in termini di guadagni termici passivi (la quale non può prescindere dall'orientamento), il coefficiente di trasmissione luminosa che rivela il contributo che il serramento può dare in termini di illuminazione naturale, i valori di permeabilità all'aria, tenuta all'acqua e resistenza al vento che garantiscono sulla robustezza del prodotto, la presenza di eventuali meccanismi che permettano di sfruttarne il contributo in termini di ventilazione naturale, esigenze particolari in termini di manutenzione, la garanzia prevista per legge per il prodotto stesso e non da ultima la qualità di posa.

La posa di ogni serramento è fondamentale in quanto, se non gestita in modo opportuno, è in grado di vanificare l'importante investimento economico associato a questo componente a causa dell'insorgenza di ponti termici o di perdite per ventilazione, problemi che possono inficiare in buona parte i guadagni passivi o il livello di isolamento termico previsti. Queste prestazioni dipendono anche dalla eventuale presenza di svariati accessori quali tapparelle o persiane per l'oscuramento e la sicurezza, tende interne o esterne, frangisole, zanzariere e sistemi di domotica.

In genere la qualità termica del serramento si identifica con la *trasmittanza termica totale U_w* , una misura che varia al variare della dimensione del serramento stesso e delle caratteristiche dei suoi componenti. Questo valore viene calcolato secondo la procedura contenuta nella norma *UNI EN ISO 10077 - 1 Determinazione della trasmittanza termica del serramento - Metodo di calcolo*, la quale tiene conto dei seguenti parametri:

- la trasmittanza termica del vetro U_g e l'area della superficie trasparente A_g ;
- la trasmittanza termica U_f e la superficie del telaio A_f ;
- la trasmittanza termica lineare del distanziatore Ψ_g e la lunghezza dello stesso l_g ;
- nel progetto degli edifici passivi in genere si tiene conto anche della dispersione del ponte termico lineare conseguente alle modalità di installazione della finestra Ψ_{inst} , un valore che va moltiplicato per il perimetro che rappresenta il raccordo tra il serramento e la muratura l_{ins} .

Negli edifici passivi la trasmittanza massima limite di ogni serramento è determinata in funzione del criterio di comfort che sta alla base di questa strategia progettuale, ovvero controllando che la temperatura media di tutti i componenti del serramento non sia inferiore di 3°C rispetto alla temperatura ambiente durante l’Inverno. Generalmente nei climi freddi e temperati questo requisito si traduce in un valore di trasmittanza dell’intero serramento U_w pari a 0,8 W/m² K. Un contributo considerevole nella definizione di questo dato è rappresentato dalle qualità termiche della parte trasparente, che in genere è composta da un doppio o triplo vetro, il quale nelle intercapedini contempla generalmente la presenza di un gas più rarefatto dell’aria come l’argon o il krypton. La superficie vetrata può anche essere oggetto di particolari trattamenti quali film bassoemissivi o selettivi e depositi funzionali a controllo solare. I vetri rivestiti con trattamenti bassoemissivi sono in grado di riflettere verso l’interno il calore che tenderebbe normalmente a disperdersi verso l’esterno e possono ridurre il fabbisogno di energia per il riscaldamento, mentre quelli a controllo solare sono usati in genere per impedire l’entrata del calore, riflettendolo verso l’esterno, e abbattere così la domanda di energia per il raffrescamento. I due trattamenti possono essere anche combinati in un unico prodotto. I vetri selettivi invece sono rivestiti da particolari ossidi di metallo che li rendono capaci di trattenere il calore nella parte interna e di rifletterlo allontanandolo da quella esterna. Il mercato oggi offre anche prodotti più evoluti dal punto di vista tecnologico, come i vetri eletrocromici, foto-cromici, termocromici e termotropici che sono in grado di variare il grado di opacità in funzione di determinate condizioni fisiche, oltre a pannelli isolanti semitransparenti e a quelli a cambiamento di fase.

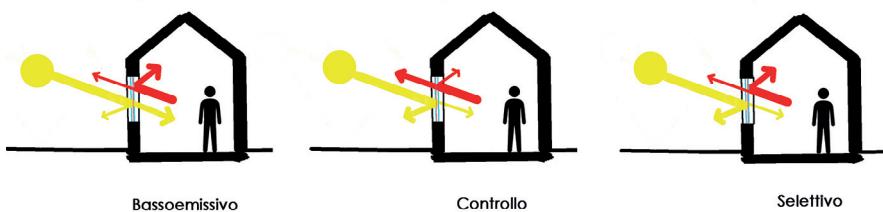


Figura 2.2.4.1 - I trattamenti delle superfici vetrate.

I componenti vetrati dei serramenti possono variare le loro caratteristiche in termini di assorbimento e riflessione dell’energia solare in funzione di una serie di differenti trattamenti superficiali. Il vetro bassoemissivo riflette verso l’interno il calore presente negli ambienti, quello a controllo solare riflette invece il calore incidente dall’esterno, mentre il vetro selettivo riflette rispettivamente sia la componente termica interna che quella esterna.

Le qualità dei serramenti dipendono sostanzialmente dalle caratteristiche delle componenti vetrate, che vanno valutate in base ai seguenti fattori:

- **Trasmittanza termica** [U_g espressa in W/m² K]: è la quantità di calore trasferita,

in regime stazionario, nell'unità di tempo, attraverso una unità di superficie vetrata (1 m^2), per ogni grado di differenza di temperatura fra l'interno e l'esterno. Questo valore è sempre inferiore rispetto a quello che rappresenta il serramento nel suo complesso;

- **Fattore di trasmissione solare globale** [Fattore Solare /TSET/ SHGC %]: esprime il rapporto tra la frazione di energia termica solare trasmessa verso l'interno e quella totale irradiata sul vetro. Questo valore è direttamente proporzionale alla quantità di guadagni passivi che si possono ottenere tramite il serramento, ragion per cui esso dovrebbe essere elevato sui serramenti orientati verso Sud, mentre per quelli a Nord non ha senso assuma valori significativi;
- **Fattore di trasmissione luminosa** [TL %]: rappresenta il rapporto percentuale fra l'energia luminosa che entra attraverso il vetro e quella incidente su di esso ed è inversamente proporzionale al fattore di riflessione luminosa. Per ottenere buoni risultati in termini di illuminazione naturale si dovrebbero valutare valori superiori a 0,7;
- **Indice di selettività**: esprime il rapporto tra il fattore di trasmissione luminosa ed il fattore solare. Un valore prossimo a 2 esprime un buon indice di selettività, il che significa che il vetro è in grado di selezionare le diverse lunghezze d'onda di cui si compone l'energia emessa dal sole, lasciando passare una elevata percentuale di luce visibile e vietando l'accesso ad una buona parte dell'energia termica che è causa di surriscaldamento. Per questo motivo un valore elevato è adatto in situazioni dove prevale il rischio di surriscaldamento estivo.

La scelta della parte vetrata del serramento va compiuta con l'obiettivo di ottenere un buon equilibrio tra comfort termo-igrometrico invernale ed estivo, guadagni solari, illuminazione naturale e risparmio energetico e dipende dalle strategie progettuali e dalla zona climatica in cui si opera. In linea di massima la soluzione più efficiente in termini costi/benefici nel clima temperato è rappresentata da un vetrocamera riempito di gas argon o krypton, in cui i vetri presentino un trattamento basso emissivo o selettivo. Negli orientamenti su cui non si intende ottenere guadagni solari passivi nei climi freddi si può scendere a valori di trasmittanza U_g di $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. È importante ricordare che nel caso dei lucernari le performance energetiche del vetro vengono generalmente peggiorate in fase di inserimento dei dati in sede di calcolo, in quanto la loro posizione rispetto all'inclinazione dei raggi solari comporta delle variazioni di comportamento termofisico rispetto alle normali finestre verticali.

Il secondo elemento da valutare nella scelta di un serramento è la qualità del *distanziatore*, che rappresenta l'elemento di congiunzione tra le due o più lastre di vetro che compongono un vetrocamera e che ne garantisce la resistenza meccanica. Al suo interno si possono trovare sali igroscopici che permettono di assorbire un eventuale eccesso di vapore presente nell'intercapedine, in modo da evitare il deposito di condensa sulla superficie interna del vetrocamera. Il distanziatore può essere di dimensioni diverse, generalmente non oltre i 27 mm, uno spessore adeguato al caso in cui si decida di inserire una veneziana all'interno dei vetri. Generalmente le migliori performance si ottengono con spessori compresi tra i 15 e i 18 mm. Il distanziatore rappresenta un ponte termico strutturale all'interno del serramento, che tende a disperdere il calore verso l'esterno in maniera direttamente proporzionale al grado di isolamento

termico del vetro. Quindi migliori sono le performance termiche di quest'ultimo, minore dovrà essere il valore di trasmittanza termica lineare del distanziatore, il quale dipende dalla geometria, dallo spessore e dal materiale di cui è costituito. Questo componente può essere in alluminio, acciaio inox, plastica o polimeri rinforzati; le ultime due soluzioni garantiscono prestazioni termiche nettamente migliori e riducono il rischio di condensa sul perimetro del vetro. Negli edifici passivi si consigliano prodotti *warm edge* (a spigolo caldo) che presentano valori di trasmittanza termica lineare inferiori a 0,045 W/mK.

Tabella 2.2.4.1 - Caratteristiche termiche medie dei distanziatori.

MATERIALE	TRASMITTANZA TERMICA LINEARE PSI (W/mK)
Alluminio	0,11
Acciaio inox	0,07
Schiuma strutturale (Superspacer)	0,0037
Plastico (Swissspacer Ultimate V)	0,0036

Il terzo componente dei serramenti è il *telaio*, che ne costituisce la parte strutturale e dal punto di vista termico e luminoso rappresenta una perdita netta, in quanto non consente guadagni. Per questo motivo le diverse parti del telaio dovrebbero essere di dimensione il più possibile ridotta in modo da ottimizzare la sezione trasparente del serramento deputata anche al guadagno passivo e alla illuminazione naturale, ma nel contempo dovrebbero risultare ben isolate e soprattutto ben sigillate l'una con l'altra in modo da ridurre al minimo il rischio di dispersioni termiche, spesso associate alla formazione di condensa e all'insorgenza di muffe sulla sezione muraria. La trasmittanza termica del telaio, che negli edifici passivi ha in genere un valore limite massimo di 0,8-1,0 W/m²K, dipende sia dalla geometria e dalla configurazione del telaio stesso che dal materiale di cui è composto. Per questo motivo negli ultimi anni i prodotti presenti sul mercato hanno subito una notevole evoluzione, prevedendo una riduzione di spessore e l'impiego di materiali coibenti all'interno della sezione. Essi possono essere in alluminio a taglio termico, PVC, vetroresina, legno composito con coibenti naturali o artificiali rivestiti in alluminio o rinforzate con fibra di vetro (GFK), ecc.

Il telaio è normalmente composto da due o tre parti distinte:

- la componente mobile, costituita da ante incernierate al telaio fisso, che permettono l'apertura e la chiusura del vano;
- la componente fissa, ancorata al controtelaio o alla muratura che circonda il vano finestra;
- il controtelaio (quando previsto) un elemento intermedio tra la componente fissa e la muratura, tipico dell'edilizia italiana.

Il controtelaio è chiamato ad esercitare un'ottima resistenza meccanica e negli edifici passivi deve essere il più possibile continuo su tutti i 4 lati del serramento. La parte

più delicata è sempre la traversa inferiore che, oltre ad essere chiamata a portare il peso del serramento, deve assicurare un taglio termico rispetto alla soglia o al davanzale in modo da evitare quel particolare ponte termico chiamato proprio “*davanzale passante*”. In pratica bisogna far sì che in corrispondenza del controtelaio e del telaio fisso non si verifichino dispersioni per trasmissione o ventilazione nonostante la sezione ridotta di questo punto che è considerato il tallone d’Achille di un edificio passivo. Il controtelaio non deve in nessun modo prevedere lati continui in metallo, al limite sono consentiti inserti metallici puntuali, rappresentati da staffe per il fissaggio di schermi oscuranti esterni, zanzariere o avvolgibili. I materiali ideali per questo componente sono PUR-Massiv o Purenit®, ma si può usare anche legno idrofobizzato o OSB, a patto che quest’ultimo sia impregnato dopo il taglio. Il suo spessore minimo è di 3 cm. In commercio oggi si trovano prodotti evoluti, chiamati monoblocchi, costituiti da materiali strutturalmente resistenti a compressione (ad esempio purenite, XPS, EPS ad alta densità) che assicurano un isolamento continuo sui quattro lati e possono contenere cassonetti integrati per frangisole o tapparelle, zanzariere e sistemi di oscuramento, a volte prevedendo anche lo scarico della condensa.

La successione dei diversi elementi appena descritti che compongono il serramento implica la presenza di 4 diversi nodi di sigillatura, che rappresentano altrettanti tipi di ponti termici da considerare nella valutazione della trasmittanza termica di ogni serramento presente in una casa passiva.

Essi sono:

- il nodo tra controtelaio e muro (nodo primario);
- il nodo tra il controtelaio e telaio (nodo secondario);
- il nodo tra le ante mobili ed il telaio fisso (nodo terziario);
- il nodo tra anta mobile e vetro (quarto nodo).

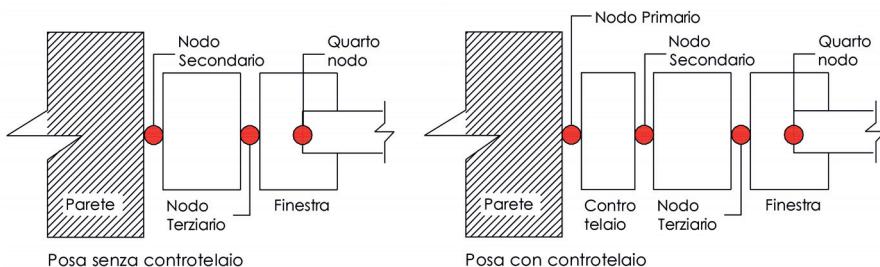


Figura 2.2.4.2 - Le componenti ed i nodi del telaio di un serramento.

Ogni serramento è costituito da una serie di componenti. ognuna delle quali ha una funzione diversa. Ogni congiunzione tra questi diversi elementi rappresenta un punto di sigillatura che funziona come un micro-ponte termico e come tale va curato per evitare fenomeni di dispersione che potrebbero essere causa di insorgenza di muffa nel perimetro del serramento.



**Pagine non disponibili
in anteprima**

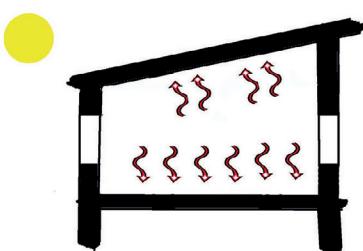


2.5.2 La ventilazione naturale

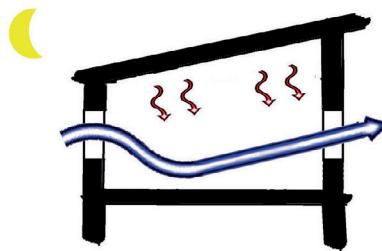
Nel progetto di un edificio passivo la *ventilazione naturale* si distingue dall'*aereazione naturale*, ovvero dalla pratica utile a ripulire l'aria interna da agenti inquinanti, dall'umidità eccessiva e dal radon e che serve quindi ad assicurare la salubrità degli ambienti. L'aerazione negli edifici passivi viene generalmente affidata ad un impianto di ventilazione meccanica controllata a recupero di calore che assicura anche una elevata efficienza energetica. In questa sede la ventilazione naturale è intesa come un fenomeno passivo secondo cui il movimento dell'aria si verifica senza l'ausilio di ventilatori o di altri dispositivi "attivi" e corrisponde ad una strategia progettuale votata al conseguimento gratuito di migliori condizioni di comfort termico durante la stagione estiva o nei climi più caldi. Questo fenomeno sfrutta "*motori naturali*" quali la differenza di pressione dell'aria e l'effetto camino e viene combinata in genere con altre strategie passive come l'inerzia termica ed il corretto ombreggiamento degli edifici, tipiche dell'architettura bioclimatica in area mediterranea.

Lo sfruttamento delle strategie passive legate alla ventilazione naturale per la climatizzazione degli edifici ha origini lontane nel tempo. Rimanendo in Italia, già nel Rinascimento i nostri predecessori avevano capito come sfruttare la temperatura del sottosuolo, che al di sotto di determinate profondità rimane costante in quanto indipendente dai fenomeni metereologici esterni. In quel periodo l'aria estratta nei sotterranei veniva utilizzata per preriscaldare o pre-raffrescare l'aria in ingresso negli edifici nobiliari tramite apposite canalizzazioni, ottenendo così ambienti più confortevoli dal punto di vista termico.

Negli edifici passivi oggi la *ventilazione naturale* viene sfruttata per il raffrescamento dell'edificio durante la notte nei mesi più caldi dell'anno, oltre che negli edifici a forte carico termico (uffici, scuole, edifici commerciali). L'efficacia di questa strategia passiva può essere incrementata pre-raffrescando l'aria in ingresso, ovvero facendola passare preventivamente attraverso una serie di canali interrati come succedeva negli antichi sistemi usati in area mediterranea e mediorientale. Il metodo più usato in questo senso è il cosiddetto *free cooling*, una tecnica che impiega le correnti d'aria notturna e sfrutta le capacità di accumulo e di sfasamento termico caratteristiche dei materiali edili più pesanti. L'effetto raffrescante è legato al principio fisico della convezione: quando l'aria fresca sfiora un oggetto a temperatura maggiore, come ad esempio i solai di un edificio che di notte ri-emettono il calore assorbito durante la giornata, ne asporta una quota di calore. I moti d'aria si ottengono sfruttando l'effetto camino e la pressione delle correnti d'aria, che vengono "*indirizzate*" attraverso finestre apribili o prese per l'aria fresca e camini per l'espulsione dell'aria esausta, elementi che possono essere integrati con atrii, trombe delle scale e camini di ventilazione.



Riscaldamento diurno della massa



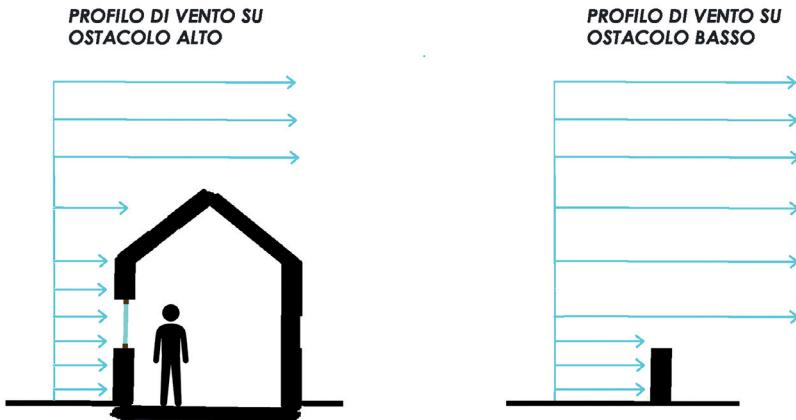
Raffrescamento tramite ventilazione notturna

Tabella 2.5.2.1 - Raffrescamento passivo e ventilazione naturale.

La ventilazione naturale è una strategia di raffrescamento passivo che dipende dalle condizioni climatiche, dalla presenza e dalla posizione della massa di accumulo degli elementi costruttivi e dalla dimensione e dal posizionamento delle aperture.

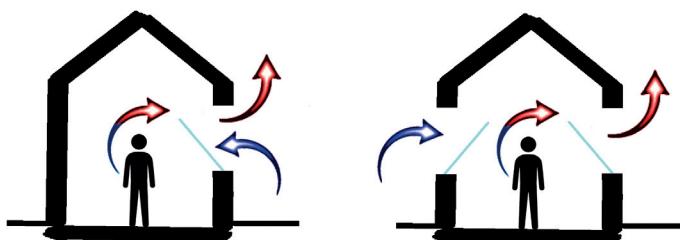
L'efficacia del raffrescamento passivo per ventilazione naturale è condizionata dai parametri climatici prevalenti del sito in cui si opera. Per capire se questa strategia funziona è necessario analizzare preventivamente le temperature medie all'esterno, l'escursione termica giornaliera, il livello di umidità dell'aria, la direzione e la velocità dei venti prevalenti nei diversi periodi dell'anno, oltre a rilevare la presenza di corrugazioni del terreno, di vegetazione, di masse d'acqua e di edifici in grado di deviare le correnti d'aria esterne che la innescano.

Tra questi i parametri i più significativi sono l'intensità e la direzione dei venti prevalenti e l'escursione termica tra il giorno e la notte. In area mediterranea i venti variano in funzione della località e della regione ed in genere ogni edificio dovrebbe essere protetto dai venti freddi invernali ed esposto alle brezze estive. Le caratteristiche geomorfologiche dell'Italia, quali lo sviluppo dei litorali e l'estensione delle zone collinari e montuose, determinano una ventosità diffusa a prevalente regime di brezza, con velocità media abbastanza ridotta (1-2 m/s), che si rivela comunque sufficiente ad essere utilizzata come motore della ventilazione naturale. Questi parametri sono però particolarmente mutevoli, in quanto esistono venti costanti e periodici, dominanti e variabili per intensità, stagione e frequenza. Nel caso si voglia sfruttare la ventilazione naturale per il raffrescamento degli ambienti è quindi importante in primis capire preventivamente la direzione e l'intensità dei venti prevalenti nei periodi del giorno e dell'anno più strategici per il loro sfruttamento in tale senso. La velocità delle correnti tende a variare in funzione dell'orografia del terreno e della conformazione dell'edificio e del tessuto urbano circostante, per il fatto che la velocità del vento aumenta con l'altezza; nel contempo la presenza di ostacoli, quali edifici o alberi, determina l'alternanza di aree di alta e di bassa pressione che ne condizionano l'andamento. È quindi indispensabile effettuare una analisi del contorno, per capire se la presenza di corrugazioni del terreno, vegetazione, masse d'acqua e di ulteriori edifici siano in grado di deviarne il flusso.

**Figura 2.5.2.2 - I profili di vento.**

La velocità e la pressione del vento variano in funzione della conformazione degli ostacoli che esso incontra; in questo modo si formano delle aree di alta e bassa pressione che ne influenzano l'andamento.

Un secondo vincolo per l'efficacia del raffrescamento passivo legato alla ventilazione naturale è l'*umidità dell'aria*, in quanto in climi estremamente umidi non si riesce ad ottenere condizioni di comfort senza intervenire sul calore latente (che è legato al fenomeno della evaporazione dell'umidità). La ventilazione naturale si rivela efficace in caso di escursione termica significativa tra il giorno e la notte perché allontana il calore riemesso dalle strutture e abbassa la temperatura dell'aria intervenendo sul calore sensibile (connesso cioè alla variazione della temperatura), ma nel caso in cui il tasso di umidità sia molto elevato l'aria esterna introduce negli ambienti ulteriore vapore acqueo aumentando la quota di calore latente e diminuendo la sensazione di comfort, vanificando quindi l'effetto di riduzione della temperatura. Il raffrescamento passivo tramite ventilazione naturale è efficace nei casi in cui l'umidità dell'aria esterna è inferiore al 60%.

**Figura 2.5.2.3 - I flussi termici della ventilazione monoaffaccio e di quella passante.**



**Pagine non disponibili
in anteprima**



3.6 VALUTAZIONE DELLA CONVENIENZA ECONOMICA

La costruzione di un edificio passivo non si basa soltanto sull'obiettivo di ottenere ambienti di vita salubri e confortevoli, ma comporta anche un investimento economico capace di ottenere nel lungo periodo tassi di interesse vantaggiosi grazie al risparmio dei costi di gestione. A livello finanziario vi sono diversi strumenti utili per valutare la convenienza dei sovraccosti di costruzione richiesti da questo tipo di edifici che si devono basare sulla attualizzazione dei risparmi ottenibili nel futuro la quale permette di rendere omogenei, rispetto al fattore tempo, le spese ed i guadagni associati dal progetto.

La convenienza economica di un intervento edilizio si valuta generalmente tramite un'analisi costi-benefici, un metodo oggettivo che serve a stimare gli effetti derivanti da un investimento e che assume un grado di attendibilità conseguente all'attendibilità dei dati di ingresso. Da questa previsione si ottengono una serie di indici di convenienza che permettono di raffrontare la somma di denaro investito, nel nostro caso il sovraccosto dell'edificio passivo rispetto ad uno analogo ma costruito rispettando i parametri minimi imposti dalla legge, con i benefici economici che esso è in grado di generare in virtù di un maggiore livello di risparmio energetico, parametrandoli allo stesso grado temporale. Questi sovraccosti si riferiscono in genere al tipo e allo spessore addizionale di isolamento termico richiesto per il raggiungimento di standard passivi, alla differenza di prezzo tra serramenti ordinari che soddisfano i parametri massimi richiesti per legge e quelli in genere più prestanti che caratterizzano questi edifici, al costo della tenuta all'aria, ad eventuali sistemi impiantistici supplementari, consulenze, simulazioni, test e certificazioni. Nel caso in cui il progetto passivo, soprattutto in ambito impiantistico, comporti un risparmio nei costi di realizzazione, l'importo andrà sottratto al sovraccosto che si sta considerando. Al sovraccosto totale andranno sommate anche le spese di esercizio e di manutenzione ed in certi casi anche quelle di dismissione dei materiali richiesti dal progetto passivo rispetto a quello ordinario. Negli edifici passivi i costi di esercizio sono di solito inversamente proporzionali all'investimento iniziale e la loro stima comporta difficoltà connesse alla scarsa disponibilità dei dati storici e all'evoluzione temporale dei costi d'uso (variazioni normative, variazione dei costi e delle tariffe, etc.). Una volta definiti i sovraccosti, che generalmente oscillano tra il 3 ed il 10%, si passa alla valutazione dei benefici attesi, che vanno previsti in funzione del periodo temporale più adatto al caso, il quale dipende dalla vita attesa dell'edificio o dei componenti che si stanno considerando nell'analisi, ma che in genere è consigliato in 30 anni. Il riferimento temporale dell'analisi dovrebbe rimanere comunque all'interno della forbice compresa tra i 20 ed i 50 anni.

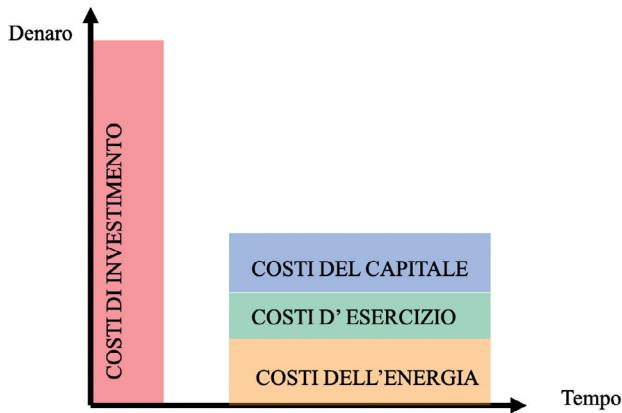


Figura 3.6.1 - Distribuzione delle diverse voci di costo durante la vita di un componente edilizio.

La vita utile di un edificio, o anche di un componente edilizio, è abbastanza lunga e per questo motivo le valutazioni economiche legate al calcolo della convenienza di un investimento in efficienza energetica devono essere gioco forza a lungo periodo.

Tabella 3.6.1 - Durata di vita utile per tipologia di intervento.

	COMPONENTI EDILIZI	ANNI
INVOLUCRO DISPERDENTE	Isolamento termico di superfici opache disperdenti	30
	Serramenti delimitanti ambienti disperdenti	30
	Sistemi di schermatura o ombreggiamento fissi	30
IMPIANTISTICA	Impianti di riscaldamento con generatori a condensazione, a pompa di calore, biomassa	15
	Collettori solari termici	15
	Scaldaacqua a pompa di calore	15
	Sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore	15
	Sistemi BACS di automazione per il controllo la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici	10
	Corpi illuminanti	8
	Sistemi di regolazione e controllo illuminazione	10
	Impianti fotovoltaici	20

Ogni componente dell'edificio presenta una diversa vita utile, che in genere si rivela più estesa per gli elementi che definiscono l'involucro opaco se considerati rispetto agli impianti. Questo è uno dei motivi per cui gli edifici passivi, che puntano sull'isolamento termico per ridurre la quantità e la taglia dell'impiantistica installata, si rivelano competitivi a livello economico nel lungo periodo. Nel caso vanno considerati i costi di gestione ed eventualmente i costi di manutenzione e sostituzione di impianti obsoleti.

Tabella 3.6.2 - Input di base per la valutazione della convenienza economica degli investimenti in efficienza energetica.

Periodo da considerare	20 anni	Con tasso di interesse costante
Durata dei componenti	15 -20 anni	Impiantistica
Durata dei componenti	30 anni	Serramenti
Durata dei componenti	30 -50 anni	Isolamento termico

La valutazione della convenienza economica degli interventi si basa sui tassi di interesse reale e si riferisce al lungo periodo. Nella tabella sono indicati gli orizzonti temporali medi consigliati nella valutazione dell'investimento di una casa passiva.

Oltre ai metodi analizzati nei paragrafi successivi, esiste anche la procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici contenuta nella norma tecnica UNI EN 15459, che fornisce un metodo di calcolo degli aspetti economici dei sistemi di riscaldamento e di altri sistemi che determinano la domanda e il consumo di energia dell'edificio. Essendo però questo metodo stato ideato per valutare soprattutto le prestazioni economiche inerenti interventi sugli impianti, esso non si rivela particolarmente adatto per edifici come quelli passivi in cui l'efficienza è basata soprattutto su quelli legati all'involucro. Può essere usato tuttavia per valutare la fattibilità economica di opzioni di riqualificazione energetica.

3.6.1 Tempo di ritorno attualizzato

Il *tempo di ritorno attualizzato* è un metodo di calcolo che considera il numero degli anni necessari a recuperare l'investimento iniziale e che, al contrario di quello semplice, attualizza i flussi di cassa futuri (la differenza tra le entrate e le uscite) attraverso l'introduzione dei tassi di interesse e di inflazione. Pur rimanendo un valore di facile comprensione per i non addetti ai lavori, esso tiene conto del valore finanziario nel tempo e del costo del capitale. È uno strumento utile per effettuare confronti tra più progetti, ma presenta alcune difficoltà tra cui l'individuazione del tasso di aumento del prezzo dell'energia e del tasso di sconto più opportuno.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



4.4 ABITAZIONE BIFAMILIARE CERTIFICATA IN LEGNO E CANAPA A VAL DI VIZZE (BZ)

4.4.1 Scheda progetto

- *Tipologia intervento:* Nuova costruzione di villa bifamiliare
- *Località:* Frazione Val di Vizze - Vipiteno (BZ)
- *Anno di costruzione:* 2009 (9 mesi di cantiere)
- *Protocollo di certificazione:* PHI - Casa passiva e Casaclima Oro Plus
- *Progettista architettonico:* TAAUT VENTURA Architetti – Arch. Urb. MSc. Arthur Pichler & Arch. Walter Colombi
- *Progettista/consulente termotecnico:* Arch. Urb. MSc. Arthur Pichler & Arch. Walter Colombi
- *Progettista impianti:* Studio TecAss
- *Imprese di costruzione:* Brugger Heinrich SRL
- *Costo di costruzione (€/m²):* -
- *Tipologia di costruzione:* struttura portante in legno con pannelli isolati prefabbricati in OSB e cappotto in fibra di legno
- *Materiali utilizzati:* telaio in legno, canapa, fibra di legno, cemento armato
- *Superficie utile netta riscaldata:* 261 m²
- *Risultato test di tenuta all'aria:* 0.59/h
- *Fabbisogno termico per il riscaldamento annuale:* 9 kWh/m² anno
- *Tipo di programmi utilizzati per i calcoli energetici:* PHPP
- *Eventuali test strumentali effettuati durante o dopo il cantiere:* Blower Door Test



Figura 4.4.1 - Il fronte Sud dell'edificio.

4.4.2 Descrizione del progetto

L'edificio è nato per ospitare diverse generazioni di una famiglia, motivo per cui si è reso necessario un progetto privo di barriere architettoniche, capace di offrire agli abitanti la possibilità di ammirare il panorama che lo circonda anche dall'interno della propria casa. La committenza inoltre ha richiesto esplicitamente un edificio a basso consumo energetico costruito con materiali il più possibile ecologici.

Il corpo di fabbrica è inserito in un pendio, una soluzione che garantisce in modo naturale l'accessibilità diretta ad ognuno dei tre piani che lo caratterizza. Le due unità abitative che lo compongono, un duplex ai piani terreno e primo ed un piccolo appartamento al secondo livello, godono di un accesso pedonale e carrabile indipendente. Dal punto di vista architettonico la divisione dei due appartamenti è segnata sul fronte principale da un importante volume orizzontale che assume diverse funzioni: oltre a garantire la privacy tra i due alloggi, serve anche da tettoia per il piano inferiore, contiene i canali di gronda e i profili in cui alloggiano le veneziane chiamate a chiudere il piano sottostante e diventa una fioriera che cinge il perimetro del grande terrazzo al piano secondo. Il suo profilo inclinato è stato studiato in modo da non ostacolare l'irraggiamento solare sulle vetrate che caratterizzano i piani inferiori, che sono composte da un triplo vetro e orientate a Sud in modo da catturare l'energia del sole durante la stagione invernale. Le stesse finestre sono protette da una serie di veneziane esterne che vengono azionate durante la stagione estiva per evitare fenomeni di surriscaldamento. La trasparenza di questo fronte consente al paesaggio montano di entrare all'interno degli ambienti di soggiorno quasi senza soluzione di continuità. L'orientamento eliotermico del parallelepipedo che costituisce l'edificio consente anche la protezione dai venti più freddi, che arrivano da Nord, fronte su cui si aprono solo le finestre dei bagni e di qualche camera da letto.

L'edificio è stato realizzato con elementi prefabbricati a telaio in legno la cui intercapedine è riempita con fibra di canapa, coibentati termicamente con un ulteriore cappotto esterno per arrivare ad uno spessore isolante di circa 40 cm e ad una trasmittanza complessiva delle pareti di 0,122 W/m²K. La copertura è stata realizzata con gli stessi materiali, presenta una trasmittanza analoga ed è rivestita con un tetto verde che trattiene parte dell'acqua piovana e che con la sua inerzia termica contribuisce a ridurre il rischio di surriscaldamento estivo. Il primo solaio e le strutture verticali sono protetti dall'umidità di risalita con un vespaio aerato.

La disposizione bioclimatica dell'edificio, i materiali utilizzati e gli importanti spessori di materiale isolante hanno consentito di sfruttare il sistema di ventilazione meccanica a recupero di calore anche per il riscaldamento degli ambienti, risolto attraverso una batteria di post-riscaldamento alimentata da una piccola caldaia a pellet che viene usata anche per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

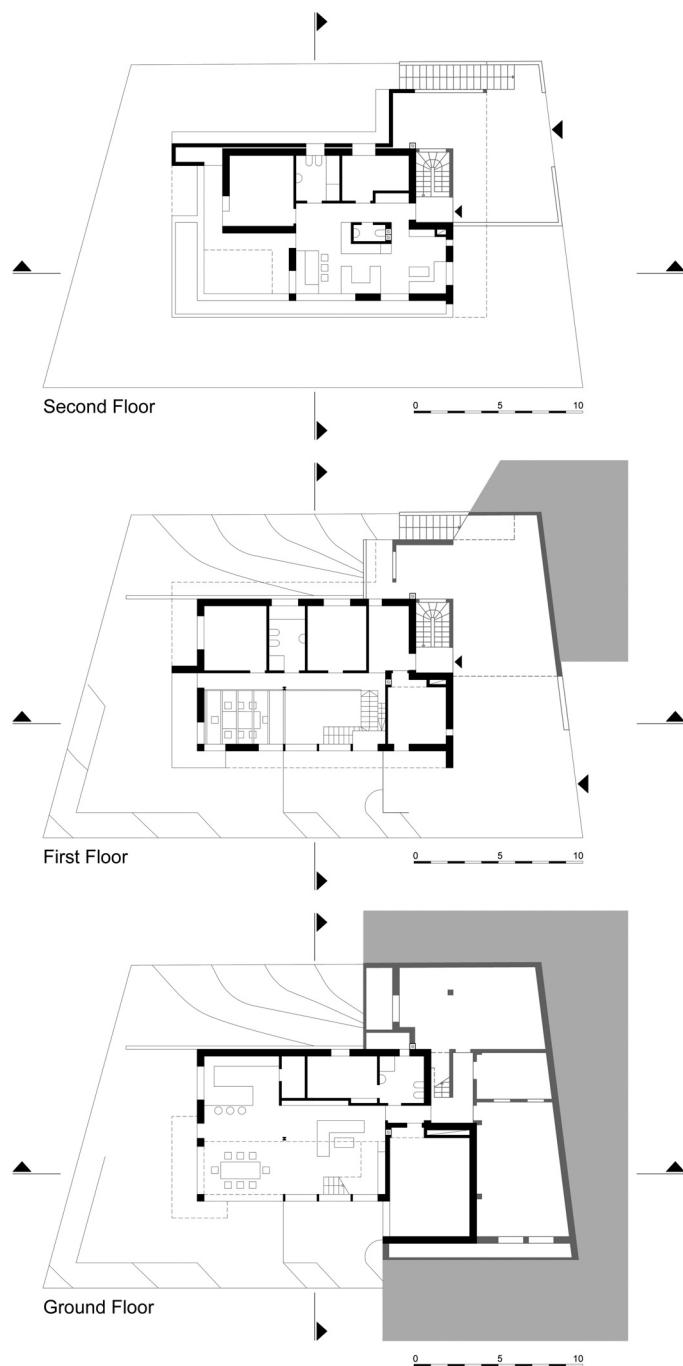


Figura 4.4.2 - La pianta dei tre livelli dell'edificio.



Figura 4.4.3 - Il corpo di fabbrica prevede gli ingressi sul lato Est e sfrutta il pendio per renderli entrambi facilmente accessibili.



Figura 4.4.4 - Le grandi vetrate a Sud consentono una continuità visiva tra l'ambiente interno ed esterno.