

8. Un progetto completo

Come esempio di documentazione progettuale viene proposto un lavoro che gli architetti Federico Arieti (consulente-esperto CasaClima) e Filippo Pesavento hanno eseguito nella primavera del 2009, nel corso degli studi universitari (►1). Anche se alcune scelte costruttive e termotecniche potrebbero oggi essere affinate alla luce di esperienze successive, i criteri di progetto (dalla concezione architettonica al dettaglio costruttivo), la strutturazione delle tavole e le elaborazioni grafiche possono servire da spunto per chi compie i primi passi nel mondo della progettazione.

L'intervento riguarda un complesso di residenze temporanee; ispirato alla sostenibilità ambientale, prevede l'uso di materiali naturali e di energie rinnovabili, la minimizzazione delle dispersioni termiche e lo sfruttamento passivo degli apporti solari.

Il piccolo residence, che si immagina collocato sulle prime colline a nord di Verona, al limitare delle distese viticole della Valpolicella, vuole essere un esempio di sinergia tra intervento antropico e ambiente naturale, quasi il *manifesto* di un approccio progettuale universalmente valido.

Valorizzare la relazione con la natura è forse l'atteggiamento più razionale che può essere assunto da chi progetta oggi, in un contesto storico e sociale in cui la preoccupazione per il problema energetico e ambientale è tanto incalzante. La ricucitura del rapporto architettura-natura è la base di un'estetica architettonica articolata, solo in apparenza limitata da regole formali e tecnologiche dettate dallo sfruttamento di apporti solari o dalla minimizzazione di dispersioni termiche.

Tutti gli elementi architettonici intendono configurarsi contemporaneamente dal punto di vista formale e dell'efficienza energetica. In questa ricchezza di letture risiede l'interesse principale del progetto, che dimostra come sia possibile abbattere la prevenzione culturale di larga parte della fruizione verso la casa passiva, armonizzando i requisiti energetici propri di una residenza bioclimatica con quelli funzionali ed estetici propri di un alloggio moderno, bello e confortevole.

Le due U accostate in pianta definiscono una prospettiva sulla città e sull'intorno naturale, e contemporaneamente massimizzano lo sfruttamento dell'irraggiamento solare. La struttura delle facciate a sud può essere percepita come separazione tra volumi funzionalmente diversi oppure come un efficiente diaframma solare, fisso o mobile secondo la destinazione d'uso dello spazio interno. La scelta di utilizzare pannelli lamellari è coerente con esigenze di rapidità e semplicità di messa in opera. La semplice costruzione scatolare si apre nelle ampie pareti trasparenti rivolte a sud, con la volontà di differenziare nelle tre facciate (est, sud, ovest) la permeabilità fra interno ed esterno e il controllo dell'irraggiamento solare.

Coerentemente con la semplicità del sistema costruttivo viene progettato uno spazio di concezione elementare, ma altamente funzionale e accogliente. Si tratta di alloggi temporanei, utilizzati per tempi medio-brevi da utenti differenti: anzitutto cantanti e artisti d'opera attivi all'Arena di Verona nel periodo estivo e al teatro Filarmonico in inverno, seguiti, ancora in inverno, da espositori e avventori dell'importante Fiera di Verona e, nell'arco dell'intero anno, da turisti e visitatori della città.

La differenziazione dei fruitori rende la sfida ancora più interessante: se appare non facile accondiscendere ai gusti estetici di un artista, ancora più ambizioso diventa l'intento di progettare un benessere igrotermico tale da soddisfare



►1 Gli autori del progetto desiderano ringraziare quei docenti del Laboratorio di Costruzione dell'Architettura (Facoltà di Architettura di Ferrara) che, con entusiasmo e generosità, hanno profondamente contribuito ad avvicinarli alla materia: Prof. Roberto Capra (ingegnere termotecnico), Prof. Pietro Davoli (architetto, esperto CasaClima), Prof. Lanfranco Laghi (ingegnere strutturista), Prof. Alberto Piancastelli (architetto, consulente-esperto CasaClima).

►2 CasaClima avrebbe riconosciuto a questi edifici anche il *Plus* (oggi convertito nel sigillo qualitativo *Nature*), dovuto all'impiego di materiali naturali e allo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili.

►3 Per tutti i presupposti teorici, si riveda la sezione 3 (*Sistema edificio-impianto*) del volume 2.

un cantante lirico; basta pensare al terrore di ledere il proprio smalto vocale che spingeva il celebre tenore Franco Corelli a tenere sigillate anche in piena estate le finestre del proprio loft newyorkese.

Tendenzialmente *sigillato* (che non significa *impermeabile*) risulterà l'involucro dei piccoli alloggi, grazie alle elevate performance igrotermiche del legno e derivati, all'isolamento totale del solaio a terra (garantito da un significativo strato sottofondale in vetro cellulare), alle efficientissime chiusure vetrate a telaio ligneo. Si è infatti sperimentato un involucro a trasmittanza media estremamente contenuta ($0,23 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), ventilato meccanicamente 24 ore al giorno da un moderno recuperatore termodinamico (con la compresenza di alcuni flussi di ventilazione naturale). In questo modo i valori di consumo energetico ricadono in quelli propri della Classe Gold (con $9,31 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$) di CasaClima (►2). L'ospite più esigente dovrà potersi svegliare la mattina godendo di aria pura e salubre, pur tenendo sbarrate le finestre al caldo torrido d'agosto come al gelo di fine dicembre, senza mai percepire gli ampi condotti integrati a parete.

Contenere il consumo di energia significa, all'atto pratico, non soltanto minimizzare l'impatto sull'ambiente, ma anche e soprattutto potersi approvvigionare da fonti autonome, affrancandosi dalle risorse fossili (petrolio o metano) e dalle reti urbane di distribuzione elettrica; la maggiore spesa iniziale, in pochi anni, si traduce in un guadagno economico superiore alle aspettative (►3).

Il residence veronese è un piccolo sistema di *case passive*.

L'approvvigionamento esterno di energia primaria è ridotto a zero grazie all'installazione di un campo fotovoltaico a completa integrazione architettonica, posto su un'ampia pensilina di 180 m^2 (*carport*), che protegge il parcheggio e il nucleo tecnologico.

Non si tratta naturalmente di un progetto meramente tecnicista, tenuto in equilibrio soltanto da una compagine impiantistica d'avanguardia. Lo studio della struttura dell'involucro si concentra sui problemi di coibentazione, di inerzia e massa, di permeabilità alla fuoriuscita del vapore acqueo, di protezione dalle condense interstiziali e superficiali. Il sistema impiantistico rimane un complemento, da non occultare ma certamente da non ostentare: a questo porta l'attenta integrazione, in fase di progetto, fra le due componenti.

● Tavola 1

Nella **planimetria** a grande scala (1:1000) vengono definiti la localizzazione, la destinazione d'uso (e quindi le tipologie d'utenza) e i criteri essenziali dell'intervento, con la schematizzazione grafica dei concetti fondamentali di composizione architettonica e di aggregazione volumetrica. A fianco è riportata una breve rassegna delle peculiarità di progetto (*issues*) che insistono sulla relazione tra uomo e ambiente, e quindi sull'ecocompatibilità del progetto stesso.

La grafica finale indica il risultato del calcolo CasaClima sul fabbisogno di energia termica in regime di riscaldamento, mettendo in evidenza che il progetto afferisce alla classe più elevata (*Gold*).

● Tavola 2

La **pianta arredata a muri pieni** (senza cenni delle stratigrafie di parete) comprende gli arredi fissi e mobili.

Sono indicate con semplici schemi le logiche che hanno guidato l'articolazione degli spazi interni. Per risultare dinamico e accogliente un fabbricato di piccole dimensioni deve presentare una grande versatilità anche nella concezione degli arredi fissi. A questo proposito l'armadio collocato nell'ambiente notte non arriva al soffitto, dando continuità di luce e di aria; integra un letto matrimoniale, divisibile in due letti singoli, con una paratia mobile che definisce due spazi notte distinti, oppure – come indicato nella pianta – uno spazio letto e un piccolo studio.

• Tavole 3, 4 e 5

I **prospetti** dimostrano come alla fluidità del fronte sud, quasi interamente vetrato, si contrappone la compattezza degli altri tre fronti. Il volume di altezza maggiore presenta una copertura solida e massiva che, risalendo dal fronte nord, si adagia su due filari di elementi puntiformi e quindi molto permeabili.

Il coperto e la parete nord (rivestiti in laminato di zinco-rame-titanio) e il fronte ovest degradano da una sequenza di profili lamellari disposti di taglio (come, nel tratto anteriore, il fronte est) a una pelle ventilata in doghe di larice, che mantengono il medesimo passo nell'alternanza di elementi larghi e stretti. Il blocco-notte, sul lato est, è assai più compatto e presenta una finitura in pannelli di larice.

Le facciate a sud, interamente vetrate, sono aperte al panorama veronese e al contributo termico gratuito del sole, dal quale è tuttavia necessario proteggere in estate lo spazio abitativo. Diventano quindi elementi caratterizzanti, nell'estetica del progetto, i sistemi di schermatura solare: la vela sulla vetrata della zona giorno e i frangisole sulla camera da letto, apribili *a libro*.

• Tavole 6 e 7

Lo **schema strutturale** riporta i cosiddetti *fili fissi*, ovvero le tracce di quei fili che dovranno essere materialmente tesi in cantiere per definire con precisione la prima elevazione dell'edificio (qui i fili fissi coincidono con le facce esterne dei pannelli X-Lam).

Nelle **specifiche strutturali** il progettista fornisce alla ditta produttrice un abaco dei pannelli strutturali in legno lamellare, che riporta la forma e le dimensioni esatte degli elementi, comprese quelle delle bucatore previste per finestre, porte e cavedi impiantistici. Tagliati in stabilimento secondo le specifiche di progetto, i pannelli X-Lam saranno messi in opera su una platea in cemento armato tramite cordolo, e giuntati a esso e tra loro mediante carpenterie metalliche.

• Tavole 8 e 9

Una **pianta aggregata**, a livello di media definizione, trova la scala più adatta nell'1:50 per riportare alcune indicazioni generali sulla tecnologia costruttiva delle pareti, la traccia dei fili fissi, le quote planimetriche e altimetriche.

Analogamente, i **prospetti a fil di ferro**, che rappresentano il puro ingombro dei volumi sovrapposti ai fili fissi, permettono in fase esecutiva un riscontro immediato fra pianta e alzato.

• Tavola 10

Il salto di scala, da 1:50 a 1:25, consente di rappresentare in **pianta** in modo completo le stratigrafie e i nodi costruttivi, come il giunto tra infisso e parete, oppure le soluzioni d'angolo tra parete opaca e facciata trasparente. Vengono quotati i vani porta e finestra e riportati – per ciascun locale in una piccola tabella – i dati numerici più rilevanti: superficie, altezza, rapporto illuminante e ventilante naturale (►4).

• Tavole 11, 12, 13 e 14

Nelle tavole delle **sezioni** in scala 1:20 sono rappresentati in modo dettagliato tutti i particolari che caratterizzano il progetto, in termini architettonici, funzionali e termotecnici.

Sezione AA. Qui si nota il dettaglio dello scannafosso, coperto con un ciottolato su tutto il perimetro dell'edificio, che a sua volta occulta la fessura d'ingresso della facciata ventilata, nonché il funzionamento del lucernario e il particolare andamento del controsoffitto del bagno.

Tutto l'alloggio è servito da ventilazione meccanica controllata (VMC). Si notano il recuperatore termostatico, alloggiato a soffitto in un piccolo vano ripostiglio, e i canali di mandata e ripresa dell'aria che corrono a soffitto o nell'interstizio fra le due pareti portanti X-Lam, opportunamente dimensionate.

►4 Nelle tavole dalla 8 alla 14 sono anche segnalati con piccoli cerchi quei particolari che sono meritevoli di approfondimento, analizzati in tavole successive con grafiche ulteriormente mirate. I due numeri rimandano rispettivamente al numero del dettaglio e al numero della tavola che lo rappresenta in modo particolareggiato.

►5 Si noti anche il mobile armadio a misura, capace di integrare un letto aggiuntivo (affiancabile o divisibile da quello già presente) e una scrivania, per far fronte alla variabilità d'utenza (v. tavola 2).

Si noti anche che tutto l'edificio grava su un letto di 30 cm di vetro cellulare. Per questo genere di applicazioni l'impiego del vetro cellulare granulare, assai più economico e facile da posare, è vantaggioso rispetto a quello del vetro cellulare in lastre, nonostante le prestazioni termiche un po' meno elevate.

Sezione BB. Questa sezione fornisce altre informazioni, come il trattamento dell'aggetto esterno e il sistema di allontanamento delle acque in corrispondenza della zona giorno; il posizionamento di un profilo HEA di supporto alla struttura di coperto; il trattamento del lucernario, in direzione ortogonale rispetto alla tavola precedente. Si può notare, in alto, la specifica sulla sagomatura dei profili di legno che devono imprimere la pendenza necessaria e sostenere il manto di copertura e il relativo aggetto.

L'inserito di ciottolame a pavimento e la vasca vegetale contro la parete lunga, in asse con l'aiuola esterna, sono un esplicito richiamo alle intenzioni di integrazione fra natura e costruito.

Sezione CC. Tagliando il volume-notte si mettono in evidenza alcune particolarità della vetrata sud. Il sistema di schermatura è costituito da listelli orizzontali frangisole, montati su cornici apribili a libro che fanno perno su guide verticali movimentate da motorini elettrici precoibentati, integrati nella coibentazione della copertura e ispezionabili dall'esterno.

Volendo innescare una ventilazione naturale (per esempio nei periodi dell'anno in cui le temperature interna ed esterna sono pressoché in equilibrio e si può temporaneamente non ricorrere alla VMC) si può fare affidamento sulle finestrelle alte a vasistas fra loro contrapposte (►5).

Sezione DD. Questa sezione descrive in dettaglio la risoluzione del significativo ponte termico che si potrebbe creare a destra, in corrispondenza dell'appoggio al piede dei profili lamellari strutturali antistanti la vetrata (che sostengono a loro volta i tavoloni X-Lam di coperto). Se tali profili raggiungessero direttamente la fondazione, si avrebbe il taglio della coibentazione e la generazione di un secondo ponte termico. Entrambi i collegamenti sono quindi mediati da piastre metalliche e supporti puntiformi.

• Tavole 15 e 16

Questi elaborati rappresentano in pianta (**frontiere orizzontali**), in sezione (**frontiere verticali**) e in assonometria le stratigrafie dei pacchetti. A ciascuna è stato attribuito un codice e associata una tabella con la distinta dei materiali impiegati e del relativo spessore, conduttività termica e massa. Si tratta di dati indispensabili per il calcolo termotecnico che deve essere condotto sull'involucro edilizio.

• Tavole 17, 18 e 19

Nelle prime due tavole di **dettagli** sono analizzati i nodi costruttivi più interessanti emersi e segnalati in tavole precedenti. Nei casi in cui la sovrapposizione di montanti e traversi in legno potesse risultare di non immediata comprensione, questa è stata rappresentata in assonometria, escludendo per chiarezza gli strati coibenti in fibra di legno e altri elementi tecnologici interposti. Per dare un riferimento univoco alla collocazione di ogni dettaglio sono stati riportati i fili fissi, con la relativa numerazione.

La tavola 19 riporta ulteriori **dettagli** particolarmente significativi che vogliono chiarire le sequenze di montaggio e la gerarchia *portante-portato*, per permettere in fase esecutiva di combinare correttamente fra loro i singoli elementi costruttivi. In alto a sinistra è illustrata la lavorazione del *profilo-guida* su cui fa perno il telaio mobile del frangisole; a fianco, il nodo infisso-copertura con il motorino di movimentazione del frangisole stesso. Le 16 immagini riportate sotto illustrano la sequenza di montaggio del volume-notte, sul quale si innestano anche le schermature solari rappresentate sopra. Analoghe informazioni sono fornite a destra per il blocco-giorno, dove risulta importante per l'esecutore comprendere le modalità

di posa dei travetti in pendenza e del montaggio dello sporto anteriore, nonché la collocazione degli elementi di allontanamento dell'acqua piovana.

• **Tavola 20**

La tavola che riporta le **specifiche tecniche degli infissi** è un elaborato fondamentale del progetto, perché l'infisso è un elemento altamente discriminante nell'efficienza energetica di un edificio. Sviluppare nel dettaglio l'abaco dei serramenti è quindi utile non soltanto nella logica esecutiva, ma anche nel calcolo del fabbisogno energetico dell'involucro, condotto qui con il software di Agenzia CasaClima.

I telai sono in legno ($U_f = 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$); i tamponamenti trasparenti sono doppie vetrocamere con argon ($U_g = 0,60 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, $G = 60\%$) (►6). Per quest'ultimi è stato scelto, nonostante il prezzo più elevato, un vetro extra chiaro che massimizza gli apporti solari (e quindi i contributi gratuiti al riscaldamento dell'edificio); per evitare il surriscaldamento interno durante i mesi estivi si fa affidamento sui sistemi di schermatura previsti.

I telai sono montati su falsi telai in legno a sezione rettangolare. Si consiglia, dove possibile, l'impiego di falsi telai a L, a eccezione del lato orizzontale inferiore che va sempre mantenuto completamente in vista (per non occludere i fori di scarico della condensa di cui quasi ogni infisso è dotato); in pratica, il filo superiore del falso telaio e il bancale finito devono avere la medesima quota.

• **Tavole 21 e 22**

Gli **schemi degli impianti tecnici** illustrano la compagine impiantistica prevista.

L'ampio campo fotovoltaico installato sulla copertura del parcheggio (*carport*) è dimensionato per coprire non solo il fabbisogno di illuminazione e forza motrice dei dieci alloggi, ma anche la richiesta elettrica di una pompa di calore aria/acqua che climatizza le unità immobiliari. Per la produzione di acqua sanitaria sono previsti cinque collettori solari termici, con un accumulo solare da circa 1000 litri, chiaramente integrati dalla pompa di calore. Questo sistema è centralizzato e ubicato presso l'area parcheggio: il fluido termovettore e l'acqua sanitaria raggiungono gli alloggi mediante condotti precoibentati. L'acqua calda del solare termico in esubero, durante l'estate, viene convogliata nella piscina.

Ogni alloggio è invece autonomamente dotato di un recuperatore termostatico per la ventilazione meccanica controllata (v. paragrafo 2, unità G2, volume 2). Nel funzionamento invernale, l'aria «pulita» ma fredda viene prelevata all'esterno e condotta sotto terra, dove si giova di un preriscaldamento geotermico. All'interno della macchina avviene lo scambio termico tra l'aria in ingresso e quella esausta estratta dall'interno, che porta con sé un notevole carico termico. Tale carico passa all'aria nuova che, attraverso la rete di distribuzione e le relative bocchette, viene immessa nei locali principali (giorno + notte); nello stesso modo dai locali di servizio viene ripresa l'aria esausta, e il ciclo si ripete senza soluzione di continuità. Il vantaggio termico è enorme poiché la VMC non richiede l'apertura delle finestre per il ricambio dell'aria interna, evitando dispersioni di calore. È previsto un sistema di recupero delle acque piovane, raccolte in una cisterna e utilizzate per lo scarico del wc.

Nella tavola 22 si passano in rassegna le reti impiantistiche legate al singolo alloggio: le serpentine a pavimento dell'impianto di climatizzazione (che diramano da un unico collettore, del quale si serve anche lo scaldasalviette del bagno); l'impianto idrico, con il proprio sistema di adduzione e di scarico; la VMC, con il recuperatore termostatico e i canali di mandata (in soggiorno e in camera da letto, a parete) e di ripresa (nel controsoffitto del bagno e nella cappa di cucina); l'impianto elettrico (tradizionale, non domotico), distinto in rete d'illuminazione e rete di forza motrice.

• **Tavole 23 e 24**

La rappresentazione dettagliata della **copertura fotovoltaica** del parcheggio (*carport*) indica l'esatta distribuzione dei pannelli fotovoltaici e solari termici (per

►6 Per il significato dei parametri si veda il paragrafo 10 dell'unità F2, volume 2).

► **7 Degrassatore.** Pozzetto in cui confluiscono le acque oleose provenienti dalle cucine, con la funzione di separare l'acqua dai grassi contenuti nei saponi e nei rifiuti alimentari.

Fossa Imhoff. Dispositivo interrato costituito da due compartimenti sovrapposti e comunicanti. Il primo (vasca di sedimentazione) trattiene i corpi solidi; il secondo è destinato alla digestione dei fanghi da parte di batteri anaerobi. Le fosse Imhoff sono praticamente impiegate in tutti gli insediamenti, anche serviti dalla rete fognaria, per consentire la sgrassatura dei liquami civili, prima di essere immessi nelle rete pubblica.

evitare il rischio di ombreggiamento reciproco è sensato suggerire un distanziamento un po' maggiore tra gli stessi pannelli).

Un disegno dettagliato della centrale tecnica permette di verificare l'ubicazione dei principali sistemi menzionati nella tavola 21, come il gruppo di addolcimento, il termoaccumulo, la pompa di calore, gli inverter per i moduli fotovoltaici.

Sono anche riportati gli esecutivi della struttura fondale in cemento armato del *carport*, e una semplice verifica sulla resistenza della sezione.

● **Tavola 25**

Lo **schema della rete fognaria e del recupero dell'acqua piovana** fa riferimento alla singola unità immobiliare.

Il sistema idrico di adduzione a ciascun alloggio prevede una rete di raccolta delle acque piovane (acque bianche), che fa capo a una cisterna di 3500 litri, tramite un *sistema di prima pioggia*. Si tratta di un impianto che, con un pozzetto di bypass, manda alla fognatura (anziché convogliarli nella cisterna) i primi 5 mm di pioggia, che si suppone siano i più sporchi perché hanno dilavato per primi le superfici di coperti o lastrici.

Per gli scarichi, sono previsti un *degrassatore* per le acque saponate (acque grigie) e una *fossa Imhoff* per i liquami (acque nere) (►7).

● **Tavole 26 e 27**

Lo **schema di impianto di messa a terra** fa riferimento a ciascuna unità duplex, costituita da due proprietà contigue. Ogni impianto elettrico, per essere a norma (v. paragrafo 3, unità G2, volume 2), deve disporre di un sistema che conduca alla terra (immaginata come un immenso serbatoio, capace di assorbire qualunque scarica elettrica) le eventuali scariche in dispersione. Quando nell'impianto elettrico domestico si verifica una scarica di corrente (dovuta per esempio a un filo scoperto che fa contatto con l'involucro metallico di una lavatrice, o di un qualsiasi altro utilizzatore), l'interruttore equipotenziale dell'alloggio avverte subito la differenza tra la corrente immessa in circolo nella rete e quella di ritorno, e stacca l'erogazione elettrica. La corrente liberata dal fenomeno anomalo viene immediatamente scaricata a terra attraverso la cosiddetta *linea di terra*, integrata in tutti i collegamenti elettrici e collegata alla *gabbia di Faraday*, un anello di cavo elettrico interrato che circonda l'edificio, con alcuni dispersori confitti nel terreno.

Lo **schema di impianto elettrico, telefonico e di controllo accessi** fa invece riferimento all'intero complesso residenziale. Lo schema dell'impianto elettrico (piscina esclusa), indica i contatori di uscita e di entrata sulla linea proveniente dal *carport*, necessari per l'attuazione di un eventuale regime di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta dal campo fotovoltaico verso l'Enel. Si hanno poi i singoli contatori della corrente in ingresso verso ciascun utente, collegati a ogni unità immobiliare, come pure i videocitofoni e la rete telefonica/dati.

● **Tavola 28**

Lo **schema dell'impianto di distribuzione dell'acqua sanitaria e del fluido termovettore** riporta la rete di adduzione alle singole unità immobiliari dell'acqua sanitaria fredda e calda (quest'ultima proveniente dal termoaccumulo solare), e la rete di mandata e ritorno del fluido termovettore dalla pompa di calore.

● **Tavola 29**

Lo **schema dell'impianto fognario e di raccolta delle acque meteoriche** rappresenta la viabilità interna al complesso residenziale e il relativo sistema di raccolta delle acque piovane. In prossimità degli alloggi queste vengono convogliate nelle cisterne di pertinenza (v. tavola 25); nell'area comune del vialetto d'accesso e del piazzale antistante il *carport* l'acqua meteorica viene raccolta attraverso un sistema di canaline in contropendenza e pozzetti, e condotta direttamente verso la fognatura pubblica.