

SERGIO LIRONI

Una “esercitazione” di bioedilizia a Padova

Un intervento di edilizia residenziale pubblica, in una zona tra città e campagna a Padova, è stata l'occasione per verificare principi e tecniche costruttive ecologiche nel contesto delle limitate risorse disponibili. Involucro in laterizio ed intonaco sono, anche in questo caso, i protagonisti di un modo di costruire in funzione del benessere degli abitanti e della qualità dell'ambiente esterno



COMPLEMENTARIETÀ DEGLI APPROCCI ALL'EDILIZIA ECOLOGICA

ciò che accomuna i diversi atteggiamenti e le diverse espressioni dell'architettura ecologica sono invece le qualità invisibili, ma dagli effetti pienamente percepibili, legate alla “quarta dimensione” dell'architettura, ovvero alla sua capacità di corrispondere alle esigenze di benessere e salute globale degli abitanti, di salubrità dell'ambiente della collettività insediata e della protezione della natura; esigenze almeno finora largamente trascurate a causa dello sviluppo di economie che tendono a ignorare i costi sociali del danno alla salute, dissipare le risorse naturali e distruggere la capacità dell'ambiente di rigenerarle. Sul settore delle costruzioni, così come sugli altri settori produttivi, degrado ambientale e scarsa corrispondenza alle aspettative di un benes-

sere reale che i modelli di consumo del territorio praticati in passato non hanno la possibilità di soddisfare, si trasforma in un eccezionale boomerang, catalizzando su di sé l'accusa di aver reso invivibili città e insediamenti.

«... È fondamentale riaffermare una concezione dei fabbricati e delle abitazioni quali entità unitarie, o meglio organismi viventi che debbono saper armonicamente combinare al proprio interno luce, calore e ventilazione; veri e propri microcosmi le cui proprietà non possono essere semplicemente ricondotte alla somma di quelle caratterizzanti le loro singole parti. Nel contempo, per favorire la salute e il benessere di chi vi risiede, la casa ecologica deve contribuire a rafforzare il senso di appartenenza dell'uomo al mondo naturale, dialogando con il contesto urbano o rurale e rispettando i cicli ener-

getici e biologici globali (risparmio energetico e di materie prime, possibilità di riciclaggio dei materiali e comunque garanzia che gli stessi non diventino fonte di inquinamento)». ⁽¹⁾

In edilizia, l'approccio del controllo ambientale tende ad offrire un apparato analitico e un quadro di risposte che risentono di una concezione della qualità ambientale come qualità “supplementare”. L'incremento dei valori di riferimento per la qualità accettabile, l'ampliamento del ventaglio di requisiti essenziali, la valutazione delle prestazioni migliorative rispetto a norme di riferimento, sono strumenti molto efficaci ad estendere il corpo normativo alle problematiche ambientali e a regolare gli incentivi per le innovazioni tecnologiche, ma scontano la continuità con una percezione di ciò che è razionale sulla base di fatti separati.

Planimetria generale e profili lungo le strade perimetrali.



L'approccio bioecologico presuppone, d'altra parte, l'esistenza di una “qualità globale” a priori, che non è rappresentata dalla somma delle singole qualità. La ricerca diretta anche in settori sui quali ancora non c'è un atteggiamento concorde dei settori scientifici e il tentativo di recuperare conoscenze perdute nel tempo che oggi possono risultare utili, sono alcuni degli aspetti della bioedilizia che contribuiscono all'idea che essa percorra una zona di confine, rispetto a una realtà difficilmente modificabile. Nei dintorni di Padova, in uno dei primi insediamenti ecologici italiani, le differenze tra i concetti di qualità si compongono e i limiti che queste avrebbero potuto imporre sembrano perdere di significato, in favore di una diversità questa volta, sì, importante: i primi esempi di architettura ecologica italiani assumono caratteri diversi da quelli che più diffusamente

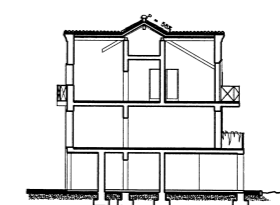
si sono sviluppati nel centro e nel nord Europa (dove dominano, a seconda dei casi, l'uso del legno per la struttura o del vetro per le serre “cuscinetto”), poiché esprimono una declinazione locale dell'applicazione dei principi ecologici.

PRINCIPI ECOLOGICI PER L'EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA Un intervento ecologico portato a compimento nell'ambito dell'edilizia residenziale pubblica rappresenta un'esperienza significativa per il ruolo che il settore può essere chiamato a svolgere in futuro sul piano delle politiche di miglioramento dell'habitat costruito. L'iniziativa dell'amministrazione locale e dell'ente promotore, in questo caso, è la dimostrazione di come le innovazioni tipologiche e tecnologiche in grado di offrire elevate prestazioni ambientali risultino effettivamente proponibili e consentano di

superare consuete soluzioni di natura esclusivamente assistenziale.⁽²⁾ Compreso in un più vasto piano redatto dal Comune di Padova allo scopo di ricomporre il tessuto urbano di un'area al confine con il territorio agricolo, la realizzazione del complesso abitativo si è risolta in un'esperienza che Lironi stesso, per eccesso di modestia, ha voluto definire una “esercitazione” di bioedilizia.⁽³⁾ Il progetto si confronta anzitutto con i criteri del Piano Particolareggiato elaborato alla fine degli anni '80, le cui norme d'attuazione comunque rivelano già una parziale sensibilità nei confronti dell'ambiente. Corrispondono, infatti, alle indicazioni di piano la scelta della tipologia a schiera, la disposizione degli edifici sulla lottizzazione assegnata secondo uno schema di nuclei aggregati attorno a corti, piccole piazze e spazi verdi d'uso pubblico ed una organiz-

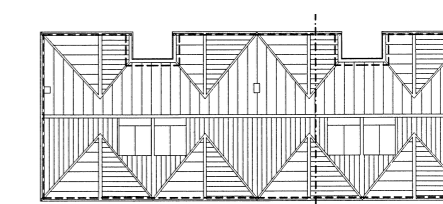
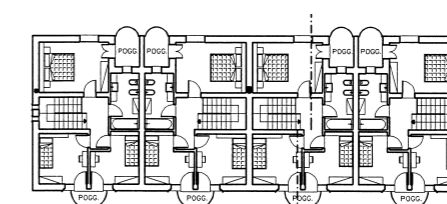
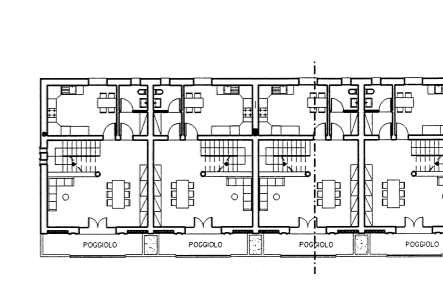
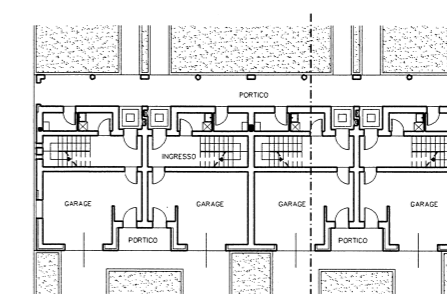


Vista assonometrica relativa alla prima fase dell'intervento, comprendente 17 abitazioni a schiera.



Prospetti nord, sud e sezione di uno degli edifici a schiera.

Piante di uno degli edifici di alloggi a schiera: piano terra, piano primo, piano secondo, copertura.



zazione della viabilità in funzione della limitazione del traffico veicolare. Alcune delle soluzioni bioedili fondamentali si estendono a tutti i sei edifici del complesso di 32 abitazioni; la scelta del sistema costruttivo, dei materiali edilizi e dei componenti impiantistici non si è rivelata, per questo, incompatibile con le risorse tecnico-economiche normalmente disponibili nel settore dell'edilizia sovvenzionata e agevolata. La sperimentazione di tecnologie attive e passive per il risparmio energetico è stata prevista in uno solo dei blocchi ed ha richiesto, inevitabilmente, l'applicazione del differenziale di costo corrispondente alla "qualità aggiuntiva", secondo le disposizioni del Ministero dei Lavori Pubblici, collocando l'intervento nell'ambito delle politiche di finanziamento a supporto della bioarchitettura (cfr. tabella a pag. 304).⁽⁴⁾ Filo conduttore del progetto del com-

plesso residenziale nel suo insieme è la decisione di mirare a due obiettivi fondamentali: ottimizzare le condizioni di benessere degli ambienti interni ponendo attenzione all'equilibrio degli interscambi tra l'edificio e l'ambiente esterno, da una parte, e garantire l'impiego di materiali e di componenti che risultino privi di effetti dannosi sulla salute degli abitanti o che, nel loro ciclo di vita, possano risultare a bassissimo tasso d'inquinamento per l'ambiente.⁽⁵⁾ Per il conseguimento di elevati livelli di comfort interno il progetto di Lironi si basa sulla consapevolezza della globalità dei fattori che caratterizzano le interrelazioni uomo - casa - ambiente esterno: il controllo dei fattori fisico-ambientali (condizioni microclimatiche esterne, comportamento igrotermico dell'edificio, illuminazione e ventilazione, ecc.) risulta infatti coerente con la concezione che

vede nell'involucro edilizio la "terza pelle" dell'uomo, analogia con la quale si intendono riassumere tutte le funzioni delle pareti esterne in rapporto all'insieme dei processi vitali (azione termoregolatrice, traspirabilità, permeabilità al vapore acqueo, assenza di cariche elettrostatiche, permeabilità alle radiazioni elettromagnetiche naturali).⁽⁶⁾ Pur rispettando gli scopi della configurazione dell'insediamento, l'orientamento dei blocchi edilizi e l'organizzazione distributiva degli alloggi contribuiscono all'impostazione bioclimatica degli edifici. Articolate su tre livelli, con garage e locali accessori al piano terra, cucina e soggiorno pranzo al piano intermedio, camere e bagno principale all'ultimo livello, le abitazioni sono orientate in due differenti modi: in una parte dei blocchi le zone di soggiorno sono rivolte a ovest e le cucine ad est; nella parte re-

stante i soggiorni si affacciano verso sud, con orientamenti che comunque permettono l'apporto della radiazione solare nelle zone di vita diurna e una corretta illuminazione naturale degli ambienti. L'affacciamento contrapposto di tutte le unità abitative consente, inoltre, un'efficace ventilazione trasversale.

SOLUZIONI TECNICHE BIOEDILI GENERALI Involucro edilizio principale e struttura portante coincidono: il sistema costruttivo è infatti in muratura portante monostrato, costituita da blocchi in laterizio porizzato di 38 cm di spessore. La scelta di una chiusura in blocchi alveolati costituisce un compendio dell'applicazione dei principi bioecologici, offrendo livelli di prestazione elevati in rapporto non solo ai requisiti igrotermici (isolamento e inerzia termica, isolamento acustico e tenuta

agli agenti esterni) e a quelli relativi alla qualità dell'aria (permeabilità,⁽⁷⁾ radioattività irrilevante o nulla,⁽⁸⁾ ma anche rispetto ai requisiti di ecocompatibilità (energia incorporata inferiore ad altri sistemi costruttivi, totale riciclabilità).⁽⁹⁾ Con prescrizioni riguardanti la qualità dei materiali ed indicazioni relative alla messa in opera è stato ottenuto, in più, che il bilancio delle relazioni risorse/prestazioni ambientali fosse ulteriormente ottimizzato. Le caratteristiche specifiche scelte per gli elementi strutturali e la composizione dei rivestimenti interni ed esterni, infatti, hanno permesso di unire nello stesso componente di chiusura proprietà utili al risparmio energetico, al rispetto dell'ambiente anche nelle fasi produttive dei materiali e alla salubrità degli ambienti confinati. La muratura è realizzata in blocchi di

laterizio microporizzato, con forma a T (per evitare la continuità interno/esterno), prodotti con una miscela di argilla e farina di legno proveniente da legname naturale esente da trattamenti chimici; la presenza di microporosità intercomunicanti per via capillare, che si ottiene con questo tipo di lavorazione, conferisce al laterizio un peso specifico e caratteristiche igrotermiche assai simili a quelle dei mattoni del passato fatti a mano e cotti a 900°C, accentuandone la resistenza termica, il potere fonoisolante e soprattutto - grazie all'elevata traspirabilità del materiale - la capacità di smaltire velocemente i carichi di umidità presenti negli ambienti interni,⁽¹⁰⁾ ovvero di funzionare da "regolatore termoigrometrico".⁽¹¹⁾ Per il collegamento della muratura, inoltre, è utilizzata una malta idraulica a base pozzolanica che, tra quelle con proprietà più simili al laterizio,

Posa in opera delle murature portanti in laterizio microporizzato e interruzione del giunto orizzontale con feltro in fibra di cocco.



Vista del cantiere nella fase di esecuzione dei muri di Trombe in mattoni pieni al primo piano del blocco sperimentale.



consente una migliore lavorabilità e possiede maggiore elasticità, evitando il rischio di fessurazioni. Nell'esecuzione della muratura, l'interposizione di uno striscia mediana di feltro in fibre di cocco esclude i ponti termici, eliminando la continuità del giunto orizzontale. I rivestimenti sono concepiti per far "respirare" il muro. Nell'intonaco esterno, costituendo la superficie di interscambio con l'atmosfera, sono concentrate assieme la capacità di protezione dagli agenti ambientali esterni e una porosità adeguata a favorire l'evaporazione dell'umidità assorbita dalla muratura. A tale scopo è stato eseguito un intonaco tradizionale a calce, modificato con aggiunta di leganti idraulici naturali per migliorarne la resistenza meccanica e ridurre i tempi d'indurimento, le cui stratificazioni corrispondono alle più accurate indicazioni della regola d'arte, che prevede resi-

stenze meccaniche decrescenti verso l'esterno e, viceversa, porosità crescenti.⁽¹²⁾ Su rinzafo in cemento bianco e trasscalce⁽¹³⁾ (più resistente) è posato il corpo dell'intonaco in malta a base di trasscalce (caratterizzato da discreta permeabilità al vapore associata a buona impermeabilità all'acqua, buona resistenza agli sbalzi termici e scarsa fessurabilità); la stabilitura esterna, in grassello di calce idrata, pur non essendo molto impermeabile, presenta una grande capacità di restituire l'umidità che proviene dagli ambienti interni o dalle precipitazioni esterne. L'intonaco interno è completamente naturale, in grassello di calce a lunga stagionatura, privo di additivi chimici o collanti. Nonostante la complessità esecutiva, il rivestimento a calce naturale presenta vantaggi rilevanti: è in grado di creare un tenace legame chimico, piuttosto che meccanico, con i

blocchi di argilla, con l'effetto di una grande durabilità; ma soprattutto - diversamente dagli intonaci premiscelati - grazie alla grande capacità di assorbire e restituire umidità e ad una permeabilità al vapore prossima a quella del laterizio, presenta una elevata traspirabilità e valori minimi di ritenzione d'acqua.⁽¹⁴⁾ La pitturazione delle pareti interne ed esterne è ottenuta con lo strato di finitura degli intonaci stessi, realizzati con grassello di calce naturale di caratteristiche particolari,⁽¹⁵⁾ in modo da ottenere un'esaltazione dei colori. La stessa finitura è additivata, per l'interno, con fissativi organici,⁽¹⁶⁾ mentre per l'esterno sono impiegati pigmenti inorganici naturali ad alta permeabilità al vapore e resistenti agli agenti aggressivi e ai raggi U.V. Per quanto riguarda gli altri elementi costruttivi, in certi casi sono state adottate soluzioni di accettabile com-

Vista della facciata sud del blocco di alloggi sperimentali.



promesso tra le esigenze relative a sicurezza e praticità di esecuzione e quelle relative al raggiungimento di un quadro completo di prestazioni ambientali. Situazioni "intermedie" si verificano nel caso delle fondazioni in calcestruzzo, con vespai aerati per l'allontanamento del gas Radon proveniente dal sottosuolo, nei sottofondi realizzati con reti di ripartizione in plastica al posto delle normali reti metalliche ed armature collegate a terra per evitare la formazione di circuiti di correnti vaganti che alterano i campi magnetici naturali;⁽¹⁷⁾ nel caso dei solai - in laterocemento, ma con calcertuzzo privo di additivi e blocchi pesanti in laterizio - e nel caso dei pavimenti - ceramica da monocottura o cotto nelle zone di soggiorno e parquet di legno trattato a cera nelle camere - per i quali sono stati ammessi solo collanti e rivestimenti di cui è dimostrata l'assenza di processi

chimici duri, solventi chimici o altre sostanze di origine petrolchimica in fase di produzione. In altri casi è stato possibile riprendere i materiali tradizionali, come per la struttura portante della copertura in travi e arcarecci di legno d'abete; in altri ancora il progetto si è indirizzato verso decise innovazioni tecniche, come nei casi del manto di copertura in coppi di laterizio, realizzato con sistema a doppia ventilazione⁽¹⁸⁾ ed isolato con sughero granulato sfuso,⁽¹⁹⁾ dell'impianto elettrico, che presenta una distribuzione a stella (per evitare la formazione di anelli e circuiti chiusi) ed è dotato di disgiuntore automatico di corrente o, infine, dell'impianto idrico-sanitario, per il quale sono state previste condutture e raccorderie in acciaio inossidabile allo scopo di garantire massima durabilità e impermeabilità alle sostanze inquinanti.⁽²⁰⁾



Posa del sottofondo ventilato, con tubi in plastica per l'allontanamento del Radon; per l'armatura del massetto, al posto della rete di ripartizione in ferro, è utilizzata una rete in plastica estrusa.

Posa in opera, in copertura, dello strato isolante in granulato di sughero sfuso su teli di carta porosa.

SPERIMENTAZIONE DELLE MISURE DI RISPARMIO ENERGETICO

Il blocco dei 4 alloggi inseriti nel programma di sperimentazione finalizzato alla riduzione dei consumi energetici presenta un complesso di soluzioni tecniche strettamente integrate tra loro, che comprendono lo sfruttamento dell'energia solare e l'impiego di sistemi di riscaldamento alternativi a quelli tradizionali. Alcune porzioni della facciata a sud, corrispondenti alle zone di soggiorno, presentano murature tipo "Trombe", dello spessore di 25 cm. Realizzate in mattoni pieni verniciati all'esterno con pittura al quarzo nera, i muri sono rivestiti con materiali isolanti-trasparenti, capaci cioè di trasferire la radiazione solare alla muratura retrostante offrendo anche un certo grado di isolamento rispetto alle perdite di calore: è prevista, in questo caso, l'utilizzazione di pannelli di

Politiche per lo sviluppo dell'edilizia a basso consumo energetico, dell'edilizia bioclimatica e della bioarchitettura

STRUMENTI	SETTORE DI APPLICAZIONE	PROVVEDIMENTI
Norme tecniche locali	Progetti d'intervento edilizio Tipologie di riferimento e criteri tecnico-costruttivi finalizzati a: riduzione consumi energetici, sviluppo energie rinnovabili e/o bioarchitettura	Cavalese (TN) Prg 1994 Borgo Sacco-Rovereto (TN) Pdl 1994, Gubbio (PG) Pdl 1996
Finanziamenti	Edilizia residenziale pubblica sperimentale (nuova ed. e/o recupero) Finanziamento interventi con incremento di massimali di costo e valutazione differenziale in caso di qualità aggiuntiva (aspetti acustici e igrotermici)	L 457/78, L 94/82, DM 5/8/94, Circ MLLPP 28 Sett./95
	Finanziamento interventi inseriti in PRU, con definiti obiettivi (ad es. qualità ecosistemica) e temi (ad es. bioarchitettura ed ecologia urbana)	L 449/97 (coll. Finanziaria '98) DM 22/10/97 CER- Guida ai PdS 1998
	Contributi per la sperimentazione di bioarchitettura	Marche LR 29/79, DGR 3027/97
	Ristrutturazioni Incremento dei contributi per il miglioramento di abitazioni in caso di uso di tecniche e materiali tradizionali e/o migliorativi del comfort igrotermico	Liguria DGR 24/4/97
	Contributi finanziari per opere di manutenzione con materiali tradizionali e/o naturali in zona di tutela ambientale	Trento LP22/91
Agevolazioni	Edilizia privata Deroga a massimali di volume edificabile in caso di adozione di elementi tecnici e/o impianti e/o serre solari e/o ambienti cuscinetto esterni, finalizzati al risparmio energetico	Borgo Sacco-Rovereto (TN) Pdl 1994.
	Concessione di surplus capacità edificatoria (da 5% di Sul a 20% di Vol) in caso di adozione di criteri insediativi, tipologie e criteri tecnico-costruttivi della bioedilizia	Faenza (RA) Prg 1998
	Riduzione degli oneri di urbanizzazione in caso di adozione di criteri insediativi, tipologie e criteri tecnico-costruttivi finalizzati al risp.en. e/o ecologici	Gubbio (PG) Pdl 1996 Massa Carrara PTC 1997 Emilia-Romagna DCR 4/3/98
	Riduzione oneri di concessione (≤10%) in caso di adozione di criteri di progettazione ecologica e di sistemi costruttivi e materiali ecocompatibili	Rignano sull'Arno (FI) Prg 1996
Raccomandazioni	Edilizia privata, ristrutturazioni Invito all'indicazione di criteri tipologici e tecnico costruttivi bioecologici negli strumenti per la disciplina degli interventi di trasformazione in zone rurali (Prg, Nta)	Toscana LR 64/95, RR 4/97, L 25/97

Fonte: elaborazione dati (a cura di G. Galanti-INBAR) da Istituto Nazionale Bioarchitettura, Ises-Italia, Enea, Il Sole-24 Ore, La Repubblica.
N.B. Alcuni dei provvedimenti locali sono in fase di approvazione.

10 cm di spessore a struttura capillare o cellulare a nido d'ape in vetro acrilico o policarbonato, materiali dal costo non eccessivo.⁽²¹⁾

Con un serramento esterno, apribile, è formata la camera d'aria nella quale si genera l'effetto serra: in inverno, il calore accumulato fluisce negli ambienti interni attraverso apposite bocchette apribili e chiudibili, sia manualmente che automaticamente, contribuendo al riscaldamento dell'ambiente adiacente; in estate la camera d'aria viene schermata da una tendina azionata elettricamente ed il calore eventualmente intrappolato è liberato all'esterno mediante un sistema di ventilazione.

Una gestione dell'alloggio all'insegna del risparmio energetico e, contemporaneamente, un contributo alla riduzione delle emissioni in atmosfera sono conseguiti anche con una serie di componenti impiantistici che consentono di applicare due importanti principi dell'edilizia sostenibile: uso di fonti energetiche rinnovabili (ad esempio la radiazione solare) e miglioramento dell'efficienza dei sistemi di fornitura del calore.

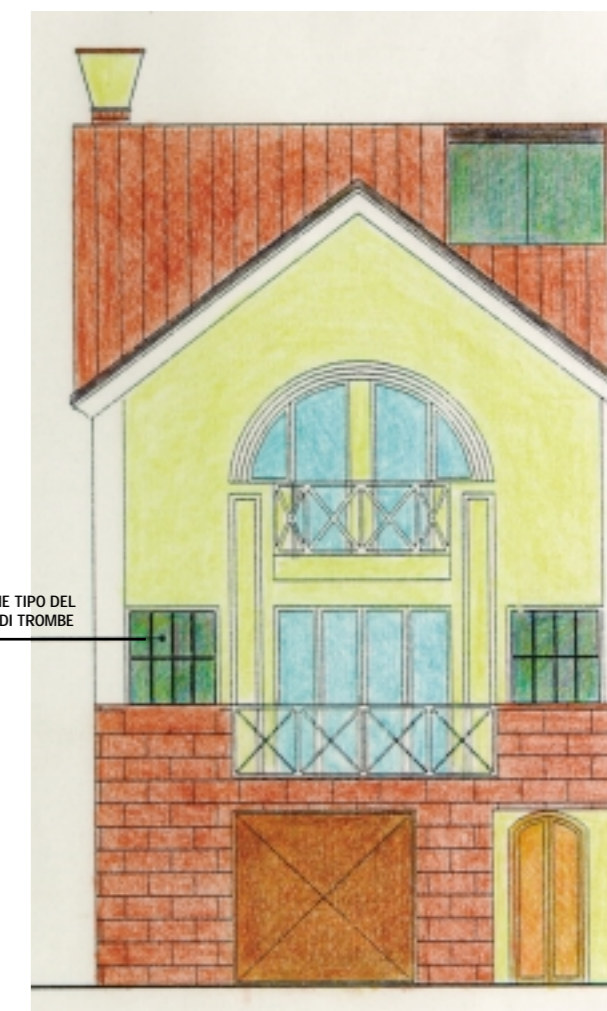
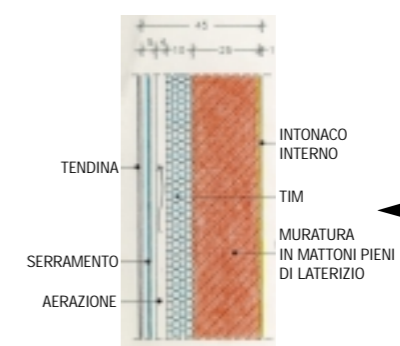
L'energia solare viene captata da pannelli solari per la produzione di acqua calda, collocati in copertura; una più efficiente distribuzione del calore è assicurata dall'installazione - al posto dei tradizionali radiatori - di un sistema di riscaldamento a pannelli radianti a parete che, grazie alla bassa temperatura di esercizio e all'estensione del circuito, permettono una uniforme distribuzione del calore e la riduzione delle polveri sospese.

È previsto l'impiego, infine, di speciali caldaie a condensazione di tipo stagno a tiraggio forzato (adatte ai sistemi di distribuzione del calore a bassa temperatura) che, recuperando il potere calorifico dei fumi di combustione, consentono sensibili risparmi nei consumi di combustibile. ¶

Note

1. S. Lironi, *Ecologia dell'abitare*, Architettura biocompatibile per una casa solare, Edizioni GB, Padova, 1996.
2. S. Lironi, *Architettura bio-ecocompatibile e partecipazione nell'edilizia residenziale pubblica*, in S. Lironi, L. Ranzato (a cura di), *Habitat II City Summit*, Idee per una città sostenibile, Atti del convegno, Comune di Padova, 1996.
3. S. Lironi, *Progetto di case a schiera a Padova, verso un'architettura bioecologica*, in *Edilizia Popolare*, 249, 1997.
4. Il concetto di "differenziale di qualità" è definito dalla Circ. Min. LL. PP. 16/1/95 N. 28/Segr., che introduce una quota aggiuntiva al costo di riferimento degli interventi di edilizia residenziale pubblica in relazione a scelte che consentono, tra l'altro, di ottenere miglioramenti qualitativi dal punto di vista del soddisfacimento di esigenze essenziali di ordine ambientale.
5. La strategia descritta è frutto, in definitiva, di un atteggiamento progettuale nel quale il riferimento ai principi ispiratori dell'architettura bioecologica è considerato parte integrante delle azioni concrete per uno sviluppo di modelli produttivi e di comportamento sostenibili; cfr. S. Lironi, *Ecologia dell'abitare*, *Architettura biocompatibile per una casa solare*, Edizioni GB, Padova, 1996.
6. Cfr. K. E. Lotz, *Willst du gesund Wohnen*, Remscheid, 1975 (tr. it. *La casa bioecologica*, AAM Terranuova, Scarperia - FI, 1991).
7. Attitudine a trasmettere per diffusione il vapore d'acqua, che dipende dal coefficiente μ caratteristico del materiale stesso e, in ragione inversa, dalla densità del materiale.
8. I laterizi in genere presentano un basso contenuto di radionuclidi e quindi risultano scarsamente responsabili dell'apporto di gas Radon nelle abitazioni, purchè nella loro lavorazione non siano stati utilizzati fanghi rossi, scorie d'altoforno, gesso fosforoso, ecc.; cfr. M.C. Torricelli (a cura di), *Il manuale delle pareti in elementi forati di laterizio*, Edizioni Laterservice, Roma, 1997.
9. Cfr. S. Piardi, *Costruzioni e ambiente*, in D. Faconti, S. Piardi, *La qualità ambientale degli edifici*, Maggioli, Rimini, 1998.
10. Il laterizio alleggerito in pasta presenta valori di assorbimento d'acqua (in rapporto al peso) leggermente superiori al laterizio normale, ma è anche in grado di cedere proporzionalmente più acqua: cfr. C. Ciriachi, *Velocità di smaltimento dell'acqua di imbibizione per diversi tipi di laterizio*, *Costruire in Laterizio*, 2, 1988. Ciò è congruente, fra l'altro, con la veloce asciugatura dall'umidità da costruzione che caratterizza fin dall'inizio la realizzazione di murature in laterizio alveolato; nel laterizio, e nel laterizio alveolato in particolare, si rilevano i coefficienti di tempo di essiccamento più rapidi, in assoluto, di tutti i materiali da costru-

Muro di trombe.



zione: cfr. G. Righetti, L. Bari, *L'edificio in muratura*, Edizioni Lambda, Padova, 1993.
11. Cfr. G. Righetti, *La condensa interna nelle pareti non traspiranti*, *Costruire in Laterizio*, 3, 1985, E. Cirillo, *Benessere abitativo e murature in laterizio*, *Costruire in Laterizio*, 2, 1985 e M. Zaffagnini (a cura di) *Rosso mattoni, Il ruolo del laterizio nell'edilizia del nostro tempo*, Ed. Luigi Parma, Bologna, 1987.
12. Vedi P. Davoli, *Intonaci*, in *Manuale di progettazione edilizia*, Vol. 4, Hoepli, Milano, 1995.
13. Tufo pozzolanico estratto in Germania.
14. Un intonaco in calce naturale traspira 330 g/m² h di vapore acqueo, a differenza di un intonaco in calce idraulica artificialmente porizzata, che non traspira più di 180 g; vedi S. Lironi, *Ecologia dell'abitare*, Op. cit. e G. Quarneri, *I quaderni di Giacomo Querini da Venezia 1889. Delle Calcine, dei Mattoni e degli Intonaci*, Cevrovip, Bergamo, 1995.
15. Calce a lunga stagionatura proveniente dalla cottura (eseguita con segatura) di ciottoli di fiume ad alto contenuto di magnesio; la corretta esecuzione di una finitura di questo tipo rende la superficie esterna particolarmente morbida ed omogenea.
16. Latte o caseina in scaglie.
17. Provvedimenti specifici per evitare distorsioni dei campi magnetici naturali e l'effetto di riverbero delle fonti di inquinamento elettromagnetico urbane che possono causare le armature

del calcestruzzo sono descritti in S. Lironi, *Ecologia dell'abitare*, Op. cit.
18. Il sistema prevede due zone di circolazione dell'aria: quella sottomanto, che utilizza una intercapedine ventilata posta al di sopra dello strato isolante, e quella sottotegola, in forma di microventilazione degli elementi in cotto, che è resa possibile dall'installazione di listelli di supporto delle tegole stesse; cfr. G. Zannoni, *L'aria quale elemento di progettazione nelle coperture*, in *Bioarchitettura*, 9, 1997.
19. Il sughero granulare utilizzato, non ricomposto nè trattato con collanti e resine sintetiche, è un materiale bioedile per eccellenza; tra le sue proprietà, una bassa conducibilità termica, un buon assorbimento acustico, un'ottima permeabilità al vapore, una temperatura corporea stabile di 13°C ca; tende, inoltre, ad assorbire umidità e a farla evaporare senza accusare deterioramenti.
20. La normale zincatura dei tubi in acciaio può deteriorarsi, soprattutto nelle giunzioni, in presenza di acqua con particolari valori di acidità, cfr. S. Lironi, *Ecologia dell'abitare*, Op. cit.
21. I vari tipi di "Transparent Insulation materials" sono descritti in P. Cowley, *Transparent insulation, A fuel-free heating system*, in O. Lewis, J. Goulding (editors), *European directory of sustainable and efficient building*, James & James, London, 1995.