

Principi di biomimetica e progetto. Esempi e appunti di metodo

*Original*

Principi di biomimetica e progetto. Esempi e appunti di metodo / Piantanida, Paolo. - In: ARQUITECNO. - ISSN 0328-0896. - ELETTRONICO. - 11:junio 2018(2018), pp. 65-76.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2969662 since: 2022-07-06T19:00:49Z

*Publisher:*

Ediciones del ITDAHu

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

## PRINCIPI DI BIOMIMETICA E PROGETTO. ESEMPI E APPUNTI DI METODO

Paolo Piantanida

---

*Department of Structural, Geotechnical and Building Engineering (DISEG).  
Universidad Politécnica de Turín. Italia.  
E-mail: paolo.piantanida@polito.it*

---

### 1. Alcune riflessioni di método

Questo contributo riassume cinque vicende progettuali, diverse fra loro per tema ed esito, che hanno affrontato il tema della sostenibilità e della biomimetica principalmente dal punto di vista del progetto tecnologico, con particolare attenzione ai flussi energetici.

Questi casi di studio sono offerti alle riflessioni di chi legge come progettista, committente, gestore, utente o abitante, suggerendo di valutare le questioni suscitate a livello di impatto territoriale, edilizio e di dettaglio. I principi della biomimetica e della sostenibilità, infatti, devono essere trasferiti sia alla fase di progetto sia a quella di costruzione, sia soprattutto alla fase di gestione e di funzionamento dell'edificio, ossia allo scopo della costruzione; non dimentichiamo infine che alla fase di gestione e di funzionamento dell'edificio segue o, può seguire, una fase di decostruzione o, peggio, di demolizione del manufatto. E la natura non sceglie mai di demolirsi...

In ogni caso, interventi di demolizione, decostruzione o ristrutturazione comportano comunque la perdita di materiali, con il loro contenuto energetico, ma anche con la loro testimonianza di competenze e di "saper fare". Se la sostenibilità è "il garantire alle generazioni future le stesse possibilità delle generazioni attuali", allora questa perdita di competenze, di testimonianze, di conoscenza e di "saper fare" è assolutamente insostenibile a qualsiasi scala essa si collochi: territorio, edificio, componente. Occorre riservare una cautela particolare alla storia minuta e "non importante" di ogni luogo, perché è racconto di generazioni e connota il *genius loci*, fatto di permanenza culturale e di continuità di utilizzo. Non a caso, nei sistemi naturali il riuso prevale sull'abbandono (come non ricordare con simpatia il Paguro, con il suo riuso delle conchiglie vuote!).

L'intera vita utile dell'edificio occupa molti decenni e spesso supera i secoli. Per contro, l'attività progettuale coinvolge il progettista per mesi o, al più, per qualche anno: in questo quadro il nodo cruciale è il trasferire i principi di sostenibilità e di biomimetica, recepiti nel progetto, a tutta la vita dell'edificio, rendendo l'utente consapevole del valore aggiunto che una progettazione sostenibile e una gestione sostenibile può fornire all'intera società.

Non solo: progettare in modo sostenibile vuol occuparsi anche della gestione dei rifiuti di cantiere. Ad esempio, l'attuale crescere dell'importanza delle reti impiantistiche pone qualche dubbio sul tradizionale modo di realizzare le pareti di laterizio, prima interamente costruite in mattoni e subito dopo parzialmente distrutte per incassare tubazioni e guaine. La quantità di rifiuti così prodotta è rilevante e assai lontana da un approccio sostenibile alla costruzione. Ciascun materiale, anche i rifiuti, gli sfridi, gli imballaggi ecc., ha consumato energia per essere prodotto e trasportato, ha comportato un impatto ambientale per il consumo di materia prima e per le emissioni del processo produttivo e di distribuzione: attenzione perciò all'intera vita dell'edificio, che comincia molto prima dell'avvio del cantiere, con la produzione dei semilavorati e degli elementi che costituiranno l'edificio, dei loro imballaggi e della pianificazione del loro trasporto. Durante la costruzione, pianificare razionalmente gli approvvigionamenti e contenere gli sfridi (ad es. dimensionando le stanze in modo che i lati siano multipli interi della dimensione della piastrella per la pavimentazione, considerando anche l'ingombro del giunto) permette di aggiungere alla sostenibilità anche l'economia di manodopera.

D'altra parte, il riciclaggio e il riuso non sono privi di impatto ambientale e non possono essere considerati un alibi per evitare di pensare all'intera vita utile dell'edificio (progetto, costruzione,

gestione, manutenzione, modifica, decostruzione): anch'essi implicano gli oneri ambientali per il trasporto, per la cernita, per la lavorazione e quindi un fabbisogno di energia e un impatto per le emissioni prodotte (fig. 1). È comunque necessario procedere a un approccio progettuale che comprenda da subito l'individuazione della vita utile non solo dell'intero edificio ma di ciascuno dei suoi componenti in modo che la sostituzione di uno di questi non comporti il sacrificio di altri ancora validi (ad es. demolire una pavimentazione in buono stato per sostituire una tubazione guasta non è un approccio sostenibile): questo non può prescindere dal rapporto con l'utilizzatore finale che spesso decide della vita utile di finiture e impianti sulla base di mode o di mutamenti del gusto, prescindendo dalla prestazione tecnica fornita. Il nodo della progettazione, e particolarmente dell'adozione di criteri di sostenibilità e biomimetica, è nel trasferimento delle competenze e dei valori a chi utilizzerà l'edificio: è una istanza culturale a tutto tondo legata al recupero del ruolo della figura del progettista come leader sociale oltre che come tecnico.

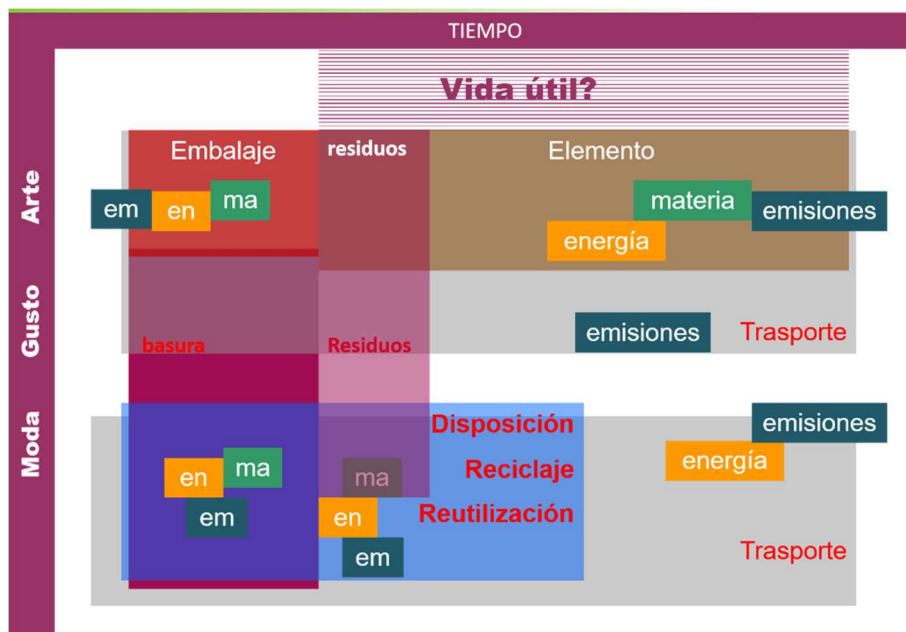


Fig. 1 - Schema degli oneri ambientali nella costruzione

## 2. Sistema di climatizzazione in un progetto a concorso per il nuovo auditorium di Sarajevo

Il primo caso di studio è relativo a una proposta per il concorso internazionale di progettazione dell'auditorium di Sarajevo redatta dal gruppo di progettazione guidato dal prof. arch. Sergio Vitagliani del Politecnico di Torino, una ventina di anni fa. La parte che qui si illustra è relativa alla concezione del sistema di climatizzazione, messo a punto dall'ing. Maurizio Aiello e da chi scrive. Il concorso richiedeva la progettazione di un centro comprendente una sala sinfonica da 1500 posti e una sala per musica da camera da 500. Nella proposta a concorso, le due sale erano articolate attraverso un *foyer* multilivello che costituiva una sorta di spina dorsale dell'auditorium, mentre gli ambienti di amministrazione, gestione e servizio erano posti perimetralmente alle sale, al fine di isolare le sale da concerto dall'esterno con un sorta di doppio involucro "abitato" (fig. 2). Agendo come doppia pelle, contiene i fabbisogni di climatizzazione soprattutto nei periodi di inutilizzo della sala (fasciata da locali climatizzati non si raffredda/riscalda eccessivamente a impianto spento) e permette, inoltre, di gerarchizzare la qualità del clima garantendo le condizioni progettuali ottimali nelle sale e andando via via avvicinandosi alle condizioni climatiche esterne a mano a mano che gli ambienti sono meno importanti, un po' come accade in natura passando dalla frescura del bosco ai prati circostanti.

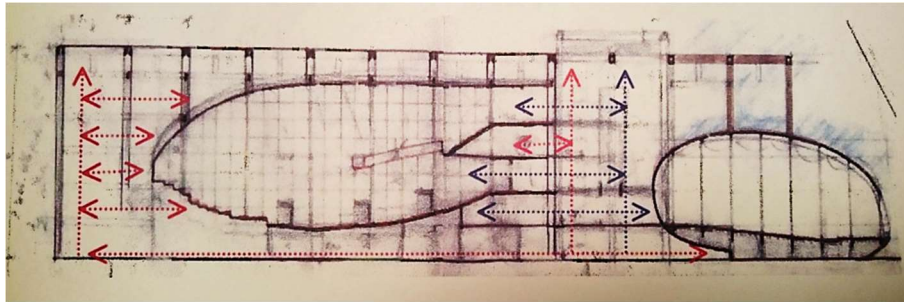


Fig. 2 - Concorso per l'auditorium di Sarajevo, schizzo della sezione verticale

Nella concezione del sistema di climatizzazione particolare rilievo è stato dato alla vicinanza del fiume Miljacka: l'acqua non è stata usata solo come fonte di raffreddamento per le pompe di calore, ma anche come raffrescamento evaporativo sulla copertura dell'auditorium. L'acqua del fiume è irrorata in copertura mediante pompe elettriche alimentate direttamente da pannelli fotovoltaici; la quantità di acqua è così proporzionale all'irraggiamento solare: considerata la temperatura estiva dell'acqua del fiume Miljacka, si riesce ad avvicinare la temperatura esterna del tetto a quella di *comfort* interno, annullando, in modo naturale e con impatto ambientale trascurabile, il riscaldamento dovuto al soleggiamento della copertura; riguardo alle sale da concerto, le centrali frigorifere devono essenzialmente fare fronte ai carichi interni dovuti alla presenza del pubblico, all'illuminazione ecc. (fig. 3).

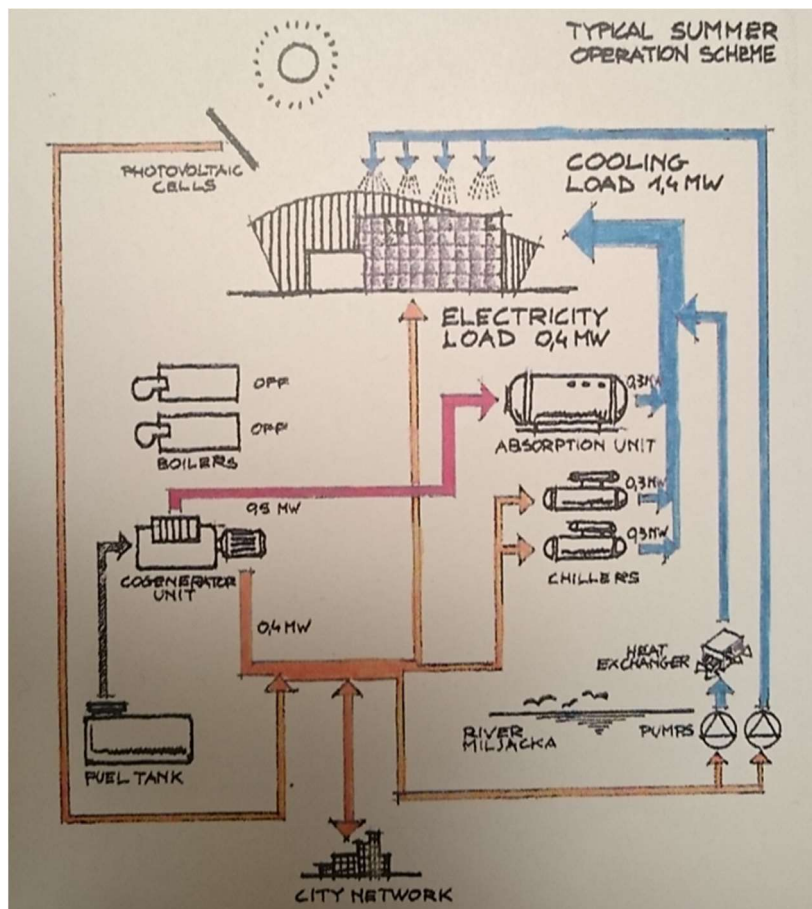


Fig. 3 - Concorso per l'auditorium di Sarajevo, schema del sistema di climatizzazione

### 3. Sistema di schermatura vegetale per facciate

Il secondo caso di studio tratta della tesi di laurea magistrale dell'ing. Antonio Vottari che si è laureato al Politecnico di Torino nel 2012. Il professor Carlo Caldera e di sottoscritto sono stati relatori della

tesi che ha per oggetto la tecnologia ed il linguaggio delle schermature vegetali nel progetto degli edifici.

La progettazione oggetto della tesi tratta di un edificio per uffici in Torino nel quale l'involucro è stato accuratamente studiato in funzione dell'irraggiamento solare e delle ombre portate da schermature e frangisole a loro volta inverditi mediante piante rampicanti (fig. 4). I principi della bioclimatica e della sostenibilità qui sono declinati al fine di sfruttare l'evapotraspirazione delle piante per garantire un migliore microclima nella fascia esterna al perimetro dell'edificio oltre che per controllare l'ombreggiatura delle vaste superfici vetrate nelle diverse stagioni dell'anno. Con una adeguata scelta delle specie vegetali (sviluppo, fototropismo, stagionalità ecc.), si può mitigare il fenomeno delle isole di calore urbane ed enfatizzare il ruolo termoregolatore della vegetazione; inoltre, l'uso del verde verticale riduce al minimo il fabbisogno di suolo al piano terreno permettendone la pressoché totale sfruttabilità.



Fig. 4 – Edificio per uffici, vista generale, lo spigolo in primo piano è rivolto a Sud (Italia)

Il sistema dei cavi e griglie di acciaio che costituiscono il supporto alle specie vegetali è stato accuratamente studiato affinché fosse totalmente decostruibile (unioni bullonate) e permettesse la manutenzione sia della facciata sia del verde mediante passerelle larghe circa 60 cm tra facciata e schermature verdi (fig. 5).



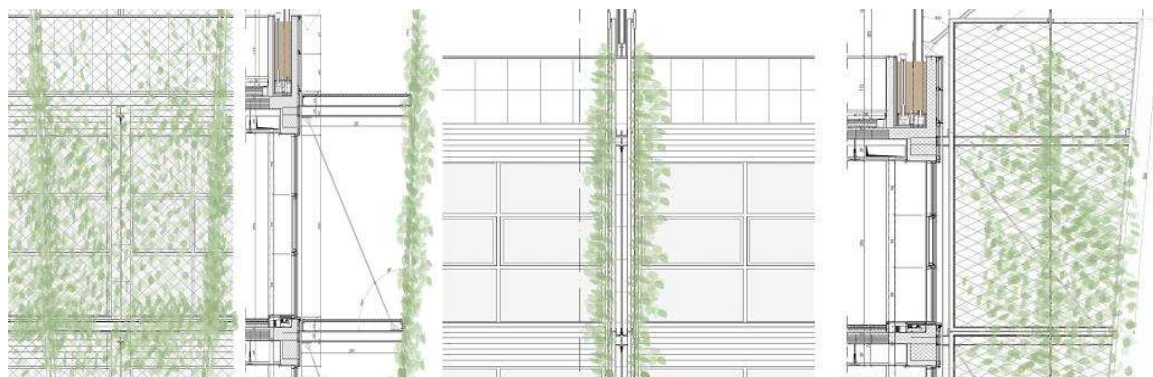


Fig. 5 - Prospetto e sezione del sistema tecnologico per facciata verde (schermo, sopra, e frangisole verticale, sotto)

L'approccio al verde verticale non deve essere frainteso come semplice "pelle" verde sulle facciate: l'integrazione del verde nelle facciate oggetto di questa tesi è assai più efficace, perché trasforma l'energia solare attraverso la fotosintesi in energia utile a migliorare il clima esterno all'edificio, aprendo un campo assai interessante per la riqualificazione energetica degli edifici esistenti (*retrofitting* delle facciate). Questa tesi affronta anche il tema della ventilazione naturale: attraverso l'energia solare vengono attivati camini di ventilazione in copertura che permettono di asportare, per tiraggio naturale, l'aria calda e viziata dalla hall interna e di fare entrare negli uffici, per depressione, l'aria più fresca prelevata dall'esterno in prossimità degli schermi verdi (fig. 6).

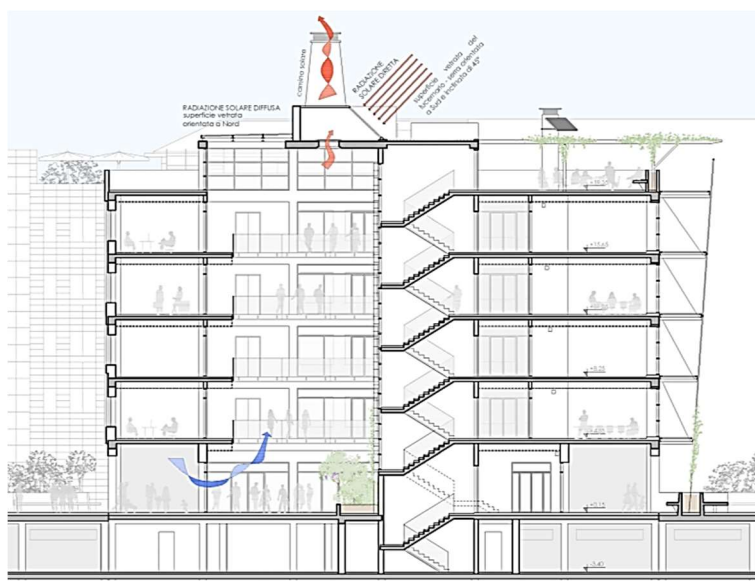


Fig. 6 - Edificio per uffici, sezione verticale, in evidenza l'effetto camino

Il sistema proposto non è nuovo: un illustre esempio è dato dalla cinquecentesca villa "La Rotonda" di Andrea Palladio. Concepita come illustre dimora di villeggiatura nei pressi di Vicenza, è costituita da una pianta quadrata perfettamente simmetrica ruotata di 45° rispetto ai punti cardinali e si articola attorno ad un ambiente di soggiorno circolare a tutta altezza, protetto dal clima esterno (in estate caldo e umido) dagli ambienti secondari che lo circondano. Ad esso si accede da quattro scalinate che conducono ciascuna ad un pronao che ombreggia l'affaccio della sala circolare e ne facilita la ventilazione trasversale (fig. 7).



Fig. 7– Palladio, «La Rotonda», vista gnerale

La copertura a cupola, originariamente prevista con oculo aperto, avrebbe dovuto lasciare filtrare l'acqua piovana che, raccolta da una grata sul pavimento, avrebbe dovuto raffreddare per evaporazione l'aria richiamata dal seminterrato per effetto camino: infatti la volta sottile della cupola, direttamente irraggiata dal sole riscalda il cuscino d'aria sommitale e che per tiraggio naturale esce dall'oculo richiamando aria più fresca dalle porte finestre dei pronai o, nelle giornate più calde, dal seminterrato mediante la grata che doveva servire anche allo smaltimento dell'acqua piovana (fig. 8). Il seminterrato è mantenuto fresco tramite poche aperture protette dall'ombra portata degli scaloni esterni e permette di isolare il piano principale dall'umidità del terreno.

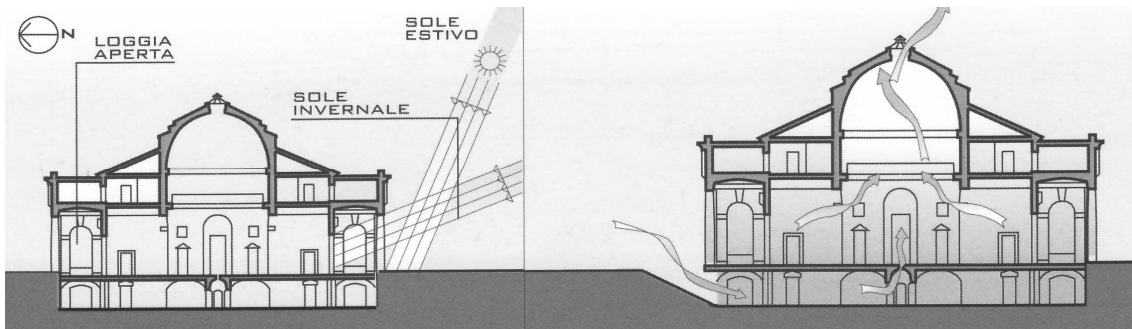


Fig. 8– Palladio, «La Rotonda», sezione verticale

#### 4. Copertura in ETFE e microalghe

Il terzo caso di studio è costituito dalla tesi di laurea magistrale dell'ing. Nicola Piras, che si è laureato al Politecnico di Torino sotto la guida del professor Marco Perino e del sottoscritto nel 2014. La tesi ha per oggetto la progettazione di una copertura semitrasparente nel chiostro dell'ex convento di San Romano a Lucca (fig. 9). La trasparenza della copertura è basata sull'impiego di cuscini in etilene-tetrafluoroetilene (ETFE) che è un polimero trasparente risultato di un programma di ricerca finalizzato allo sviluppo di un materiale isolante, resistente, durevole rispetto alle radiazioni solari e alle variazioni di temperatura.

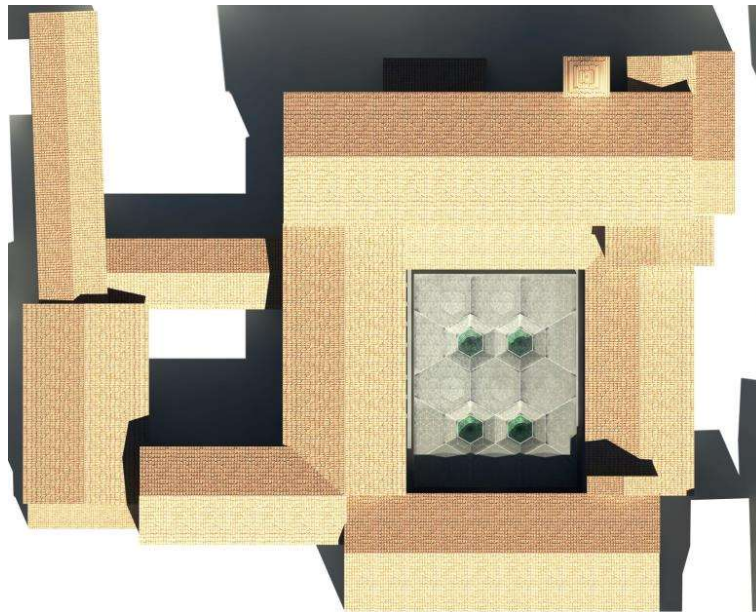


Fig. 9 – Copertura trasparente del chiostro di San Romano (Lucca)

Nel settore industriale è impiegato per filtri e per rivestimenti, in architettura per involucri semitrasparenti come, ad esempio, il “Watercube” di Pechino. La possibilità di utilizzare cuscini di ETFE per costituire la copertura permette di ridurre molto l’apporto di calore dovuto all’irraggiamento solare, perché si può controllare la temperatura dell’aria di insufflaggio, ad es. prelevandola dai sotterranei dell’edificio. Il raffrescamento passivo è integrato da camini solari che, posizionati sulle facciate del chiostro maggiormente colpite dall’irraggiamento solare, attivano il ricambio dell’aria mediante tiraggio naturale, asportando il calore generato all’interno del cortile coperto.

Il grande ambiente coperto che ne risulta, adibito ad esposizioni temporanee e a *foyer* del museo ospitato nell’ex-convento, pone la necessità di controllare il microclima interno in funzione della trasparenza della copertura. La progettazione del sistema tecnologico è stata affrontata anche in riferimento ad alcuni principi della biomimetica: la struttura della copertura è ispirata a quella vegetale (rami degli alberi) e la copertura comprende quattro grandi fusti conici, realizzati con cuscini di ETFE ed ispirati al fiore di Ipomea, per la raccolta ed il recupero delle acque meteoriche (fig. 10).



Fig. 10– Copertura trasparente del chiostro di San Romano (Lucca), sezioni verticali

Il tema più innovativo è la proposta di impiegare microalghe per controllare la trasparenza dei cuscini che costituiscono i fusti conici (fig. 11): le microalghe sono coltivate nell’intercapedine dei cuscini e modificano la trasparenza di questi in modo inversamente proporzionale all’irraggiamento stagionale più o meno intenso, al fine di contenere i fabbisogni energetici per la climatizzazione, in parte coperti con fotovoltaico integrato nei cuscini della copertura suborizzontali.



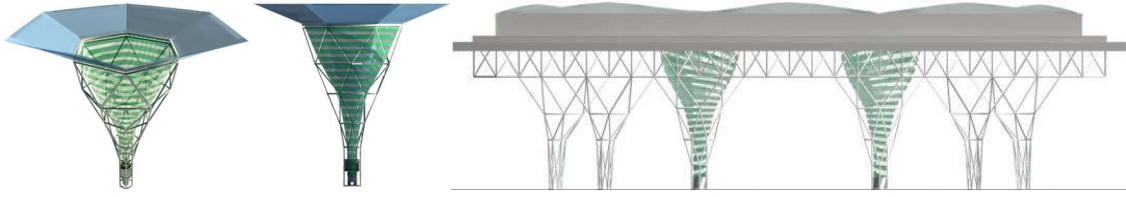


Fig. 11 – Fusti conici con microalghie (captazione acque piovane)

## 5. La sostenibilità insostenibile, ovvero il complesso scolastico di Cambiano (Torino)

Il quarto caso di studio è relativo al sostanziale fallimento gestionale di un edificio scolastico concepito come prototipo di scuola ad energia solare: le vicende progettuali, costruttive, gestionali e manutentive sono riassunte nella tesi dell'ingegner Stefano Gobetti della quale sono stato relatore nel 2011.

Il progetto di questo edificio scolastico nasce in seguito alla grave crisi petrolifera dei primi anni '70 del Novecento: per rispondere alla penuria di combustibile in Italia, il Ministero dell'Industria e il Ministero della Pubblica Istruzione finanziano un laboratorio di ricerca sperimentale che utilizzasse pannelli solari termici per la realizzazione di un complesso scolastico a Cambiano in provincia di Torino (fig. 12). Partecipano al team di progettazione il Centro ricerche Fiat di Torino, il Politecnico di Torino, le industrie Zanussi di Pordenone, e l'ufficio tecnico del Comune di Torino.



Fig. 12– Cambiano (Torino), schizzo prospettico della scuola solare

La scuola è ultimata nel 1977 ed è costituita da un edificio a blocco destinato ad aule, laboratori, uffici e riscaldato mediante aria calda prodotta con pannelli solari ad acqua integrati eventualmente da caldaia a gasolio; accanto è previsto un edificio per la palestra e gli spogliatoi, direttamente riscaldato da aria calda proveniente da un muro di Trombe: l'architettura della palestra è ancora oggi caratterizzata dalla grande superficie inclinata costituente il collettore solare ad aria calda (fig. 13). Nelle ore di irraggiamento solare insufficiente, è prevista l'integrazione del riscaldamento attraverso la centrale termica della scuola.



Fig. 13– Cambiano (Torino), palestra, stato al 2011

Il campo di pannelli solari ad acqua, tutti prodotti dalla Zanussi di Pordenone, copre l'intera superficie della copertura piana della scuola; l'energia solare captata è accumulata tramite serbatoi di acqua calda in vista del suo utilizzo nelle ore di scarso soleggiamento. Il calore prodotto è destinato a termoventilanti che distribuiscono l'aria calda agli ambienti mediante una rete di condotte e bocchette, ottenendo anche un favorevole ricambio dell'aria viziata negli ambienti più affollati.

Il progetto, nato in senso fortemente sperimentale e innovativo, avrebbe dovuto meritare una gestione altrettanto sperimentale ed attenta. Alcune carenze nel dimensionamento dei serbatoi di accumulo, alcuni limiti nella automazione dell'impianto e, soprattutto, il dimensionamento delle portate di aria dei singoli locali senza tenere conto degli inevitabili effetti di tiraggio naturale in una scuola alta tre piani manifestarono da subito i limiti del sistema e non furono tempestivamente corretti. Dagli anni '90 in Italia si diffuse la prassi di affidare integralmente la gestione del servizio di riscaldamento a ditte esterne mediante appalti "chiusi" (ossia immodificabili nel corso della gestione) delegando loro la completa responsabilità dell'impianto e scegliendo gli operatori sulla base del minore costo. In questo contesto, un impianto così complesso e innovativo, venne progressivamente abbandonato (fig. 14): nel 1994 il riscaldamento della scuola di Cambiano fu riconvertito in un tradizionale impianto ad acqua calda e radiatori servito da centrale termica. Vennero così disattivati i pannelli solari, i serbatoi di accumulo, le centrali di trattamento aria, le condotte di distribuzione dell'aria nelle aule, il sistema di riscaldamento solare della palestra.



Fig. 14 – Cambiano (Torino), pannelli solari termici abbandonati sulla copertura dell'edificio scolastico

Consideriamo quanta energia, quanto materiale e quante emissioni sono state fatte "pagare" all'ambiente per realizzare questi impianto innovativo e sostenibile, abbandonato dopo poco più di 15 anni di funzionamento, e quanta energia, materia ed emissioni sono state necessarie per il nuovo impianto: il saldo ambientale di tutta la vicenda non può che essere tristemente negativo. Peraltro nel

2012 il “nuovo” impianto di riscaldamento superava di poco il 60% di efficienza e l’edificio richiedeva oltre 70 kWh di energia primaria per ogni metro cubo di volume edilizio, all’anno, il che equivale a una emissione di anidride carbonica di 17,31 kg per ogni metro cubo edilizio all’anno. Oggi l’impatto ambientale della scuola di Cambiano è notevole e molto distante dagli originari obiettivi progettuali.

La storia di questo edificio dimostra come a nulla valgono le attenzioni progettuali senza una cura analoga nell’avviamento dell’edificio e nella formazione dei gestori, oltre che nella informazione dell’utenza. È sempre più necessario che il progettista si abitui a una progettazione in quattro dimensioni, dove la quarta dimensione è quella temporale, necessariamente estesa ben al di là del periodo utile alla realizzazione e alla consegna dell’opera. La progettazione dovrebbe comprendere anche l’attività di formazione dell’utenza, in modo che l’uso consapevole dell’edificio ne esalti le caratteristiche di sostenibilità e ne riduca l’impatto ambientale. A Cambiano questo non è avvenuto e i Dirigenti scolastici si sono ritrovati in mano un edificio che non capivano e che, per questo, appariva aumentare i loro problemi gestionali in modo insostenibile, senza alcun apparente vantaggio: non possiamo stupirci se essi hanno deciso di ricondurre l’edificio a una forma di riscaldamento tradizionale, l’unica che sapevano gestire, ma possiamo rattristarci del compiuto spreco di risorse materiali e intellettuali: davvero un’occasione mancata!

## 6. Per un involucro raffrescante autoadattativo

L’ultimo esempio proposto è relativo alla sperimentazione di una facciata attiva in grado di raffrescare gli ambienti interni in funzione dell’irraggiamento solare che la colpisce. Il sistema tecnologico messo a punto da chi scrive con Marco Scaglione comprende pannelli fotovoltaici montati come lo strato più esterno di una facciata ventilata, la cui produzione di energia elettrica è direttamente inviata ad alcune celle di Peltier collegate in parallelo. Non è previsto alcun collegamento con la rete elettrica; il sistema è totalmente autonomo.

Le celle di Peltier sono un semiconduttore che si presenta come un parallelepipedo delle dimensioni di qualche centimetro di lato per pochi millimetri di spessore. Da questo parallelepipedo escono due cavi elettrici che, alimentati da tensione continua, fanno funzionare questo semiconduttore come una pompa di calore: una faccia della cella si scalda e l’altra si raffredda (fig. 15). Il loro impiego più comune è nel raffreddare i microprocessori dei calcolatori o nei piccoli frigoriferi portatili per impiego automobilistico.

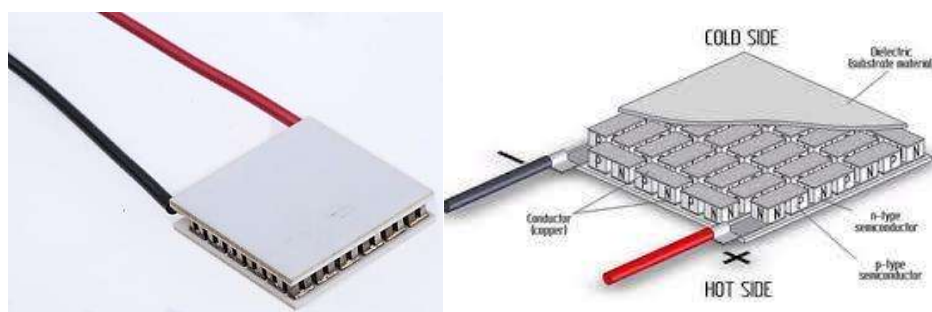


Fig. 15 – Cella di Peltier

La tensione continua prodotta da un comune pannello fotovoltaico è nell’ordine dei 14-15 V e può alimentare direttamente la cella di Peltier: nel sistema proposto questo permette l’autoregolazione dell’effetto raffrescante in funzione dell’irraggiamento solare.

Il sistema è costituito da una facciata ventilata che ospita all’interno del camino di ventilazione lo scambiatore di calore accoppiato a una delle due facce termiche della cella di Peltier, mentre l’altro scambiatore è in comunicazione con l’aria dell’ambiente interno (fig. 16). Ciascun scambiatore è costituito da un radiatore alettato di lega leggera, del tipo di quelli utilizzati per raffreddare i transistor di potenza negli amplificatori: lo scambio di energia è per convezione naturale, in modo da non richiedere l’utilizzo di ventilatori che diminuirebbero l’energia elettrica disponibile per le celle. La cella di Peltier si viene così a trovare a cavallo tra l’interno (ambiente raffrescato o riscaldato) e l’esterno (camino di ventilazione tra pannello fotovoltaico ed involucro edilizio) mentre i pannelli fotovoltaici

costituiscono l'elemento visibile della facciata ventilata e si prestano ad essere declinati in modo architettonicamente caratterizzante.

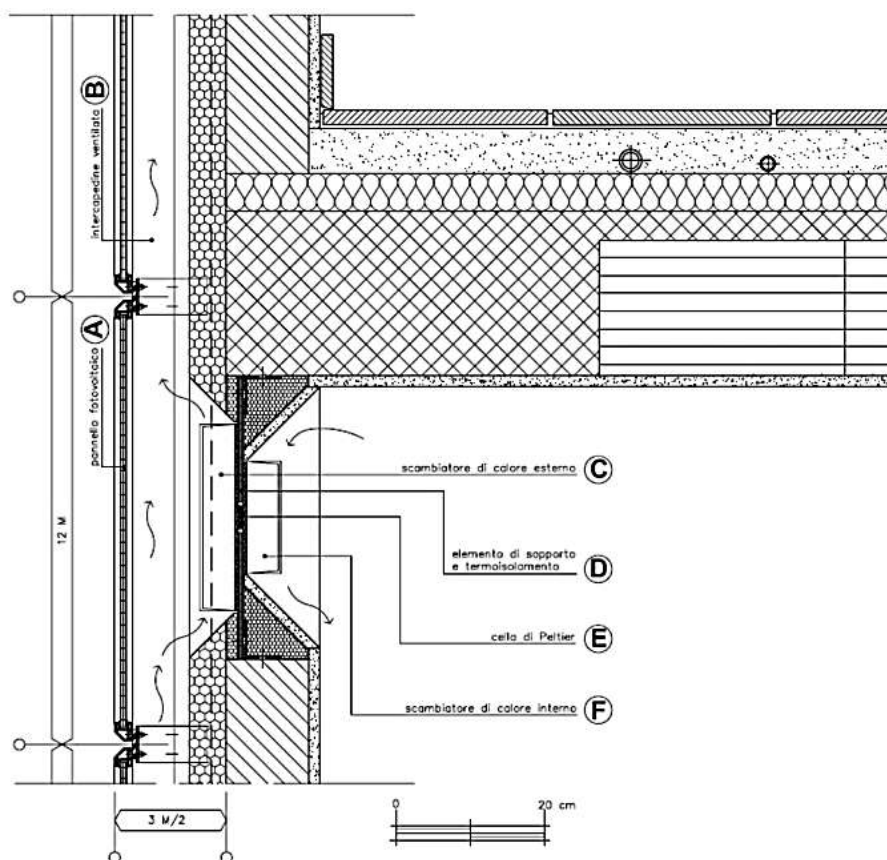


Fig. 16 – Sezione verticale del sistema di facciata raffrescante autoregolante

Durante l'inverno è sufficiente invertire la polarità di alimentazione delle celle di Peltier perché l'effetto si capovolga: è possibile avere un "effetto serra" virtuale, perché l'energia elettrica prodotta dal soleggiamento che incide sulla facciata diviene energia termica sullo scambiatore di calore interno: le celle di Peltier riscaldano infatti lo scambiatore interno prelevando calore dallo scambiatore (freddo) posto nel camino di ventilazione e recuperando così parte del calore irraggiato dal retro di pannelli fotovoltaici esposti al sole.

Alcuni test sono stati condotti su un modello in scala ridotta del sistema: si tratta di pannelli fotovoltaici per una potenza di picco complessiva di 240 W abbinati a otto celle di Peltier in serie, della potenza elettrica massima di 33 W ognuna. Il sistema era applicato a un ambiente di muratura del volume interno di 1 m<sup>3</sup>. Per confronto, un identico ambiente di muratura era dotato di tradizionale sistema di facciata ventilata privo di pannelli fotovoltaici e di celle di Peltier.

In ciascuno di questi due ambienti sono stati installati dei sensori per il monitoraggio continuo dell'andamento delle temperature. In una tipica giornata estiva torinese, la temperatura interna dell'ambiente dotato del sistema di facciata con celle di Peltier si è mantenuta, nelle ore di insolazione più vivace, tra 1 e 4 gradi più bassa rispetto a quella dell'analogo ambiente dotato di facciata tradizionale, il tutto ad impatto ambientale trascurabile (fig. 17). Il sistema appare meritevole di approfondimenti e sperimentazioni ulteriori, in climi differenti e anche in riferimento alla fase invernale.



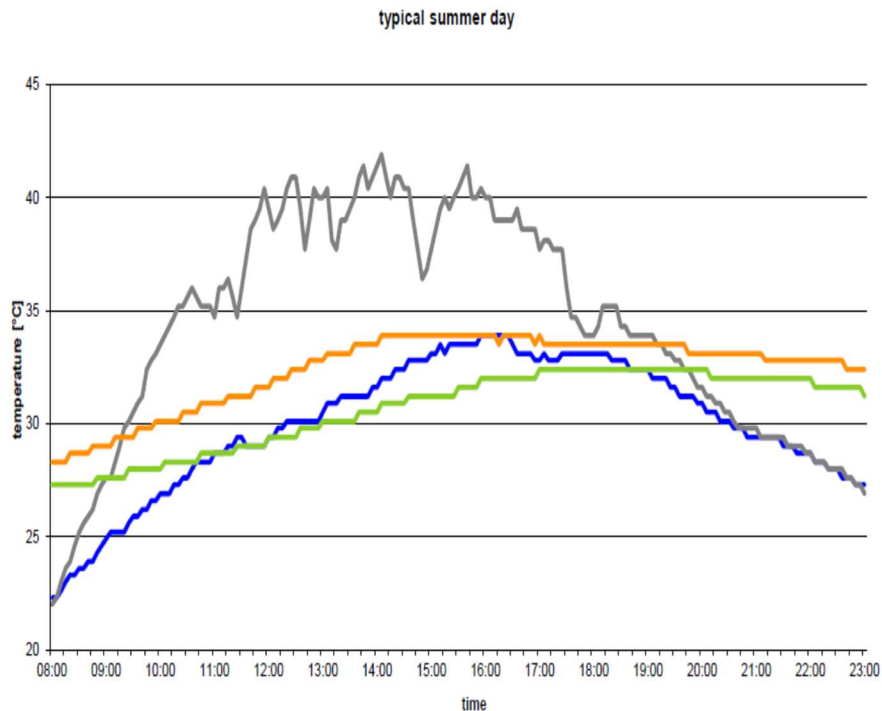


Fig. 17 – Confronto delle temperature interne dei due ambienti test (verde: facciata raffrescante; arancione: facciata ventilata), in rapporto all'irraggiamento solare (grigio) e alla temperatura esterna (blu) in una giornata estiva (Torino)

## 7. Conclusioni

Gli esempi proposti comprendono suggestioni in tema di sostenibilità e di biomimetica dal punto di vista energetico. È questo il campo che nella società industrializzata ha maggiormente impatto ambientale e che spesso viene affrontato solo in termini di modellazione matematica predittiva. La realtà di uso può differire anche di molto dal modello, specie nel caso di utenza non informata o non formata.

È necessario che la gestione di questi aspetti recuperi la tradizione del costruire, l'osservazione della natura, la consapevolezza del valore del tempo e dell'importanza dell'esistente anche in termini di energia e di competenze racchiuse. La progettazione "con" il tempo e "per" il tempo futuro deve affiancarsi alla formazione nel tempo presente del committente, dell'utente, del manutentore e di quanti hanno a che fare con la gestione del territorio, dell'edificio e dei suoi componenti, in un approccio olistico e sinergico che favorisca il tramandare di saperi, competenze ed esperienze in grado di favorire ogni proficua apertura sperimentale, più che la mera modellazione matematica.