
SOLUZIONI ORGANICHE NELL'ARCHITETTURA CONTEMPORANEA

A cura di Giulia Bortolotto

Liceo Scientifico Galileo Galilei
Anno Scolastico 2016/2017

INDICE

1. Caratteristiche fondamentali e principi dell'architettura organica
2. Principi organici nell'architettura di oggi
3. Esempi di moderna organicità
 - 3.1 CENTRO CULTURALE JEAN MARIE TJIBAOU, Renzo Piano
 - Sistema di ventilazione passiva
 - 3.2 EDEN PROJECT, Nicholas Grimshaw
 - L'ARCHITETTURA DEI BIOMI
 - Cupole geodetiche
 - ETFE, un polimero ad alta resistenza
4. "A Building... like a Tree" verso un nuovo modo di concepire l'edificio

1. Caratteristiche fondamentali e principi dell'architettura organica

“Sin dall’inizio ho avuto la certezza che l’architettura proviene dalla terra e che il sito, le condizioni ambientali, la natura dei materiali e lo scopo della costruzione determinano la forma dell’edificio.”

“In un progetto organico vi sono eccellenti ragioni perché una cosa sia com’è, stia in un certo posto e non altrove. La gente è parte dell’edificio, aiuta a creare le cose organiche, può comprenderle e farle proprie. Perciò l’organico è la sola espressione artistica democratica.”

(Frank Lloyd Wright)

Le caratteristiche dell'architettura organica, corrente di cui l'americano Frank Lloyd Wright fu pioniere e teorico fin dai primi anni del Novecento, non sono riassumibili nel concetto di forma organica o di utilizzo di materiali naturali; l'idea di costruzione organica, molto più complessa, esula dall'ambito puramente estetico di somiglianza agli elementi naturali.

Ciò che rende questo stile peculiare, differenziandolo soprattutto dalla corrente razionalista, è, secondo il pensiero di Wright, la concezione dell'edificio come un organismo la cui integrità strutturale è data dall'armonica composizione dei suoi elementi. La costruzione è quindi pensata come intero, non come somma di parti, e tale considerazione non può prescindere dall'attenzione per il rapporto tra struttura e ambiente.

È importante ricordare, parlando di architettura organica in generale, l'interconnessione tra forma, spazio, materiali e funzione della costruzione. L'aspetto di un edificio è determinato dalle esigenze pratiche che questo dovrà soddisfare e dal tipo di materiali utilizzati: è lo sfruttamento delle potenzialità di questi ultimi all'interno del preciso contesto progettuale che fa, il più delle volte, scaturire la forma. Un'attenzione particolare è riservata all'integrazione della struttura con l'ambiente circostante, il suo paesaggio e il suo clima al fine di trovare una continuità tra essa e gli spazi naturali che la circondano. Da tutto ciò deriva che le scelte stilistiche non sono fatte programmaticamente sulla base di un modello tradizionale o standardizzato, ma sono dettate dalla situazione particolare secondo un'estensione dell'idea wrightiana di “tanti stili di case quanti sono gli stili di vita degli uomini”.

Da tutto ciò spesso scaturisce una forma somigliante ad elementi naturali, che quindi può essere detta organica, ma che è ottenuta quasi casualmente, senza partire da una chiara idea estetica che precede la progettazione dell'edificio in sé. In architettura, quindi, è riduttivo attribuire l'aggettivo organico riferendosi solo all'ambito estetico e trascurando le scelte progettuali che stanno alla base della costruzione di un edificio.

“L’aspetto fondamentale è forse che l’architettura organica si ispira alla natura anziché alla storia; non solo all’aspetto della natura, ma al modo in cui funziona.”

(Colin Davies, Il primo libro di architettura)

2. Principi organici nell’architettura di oggi

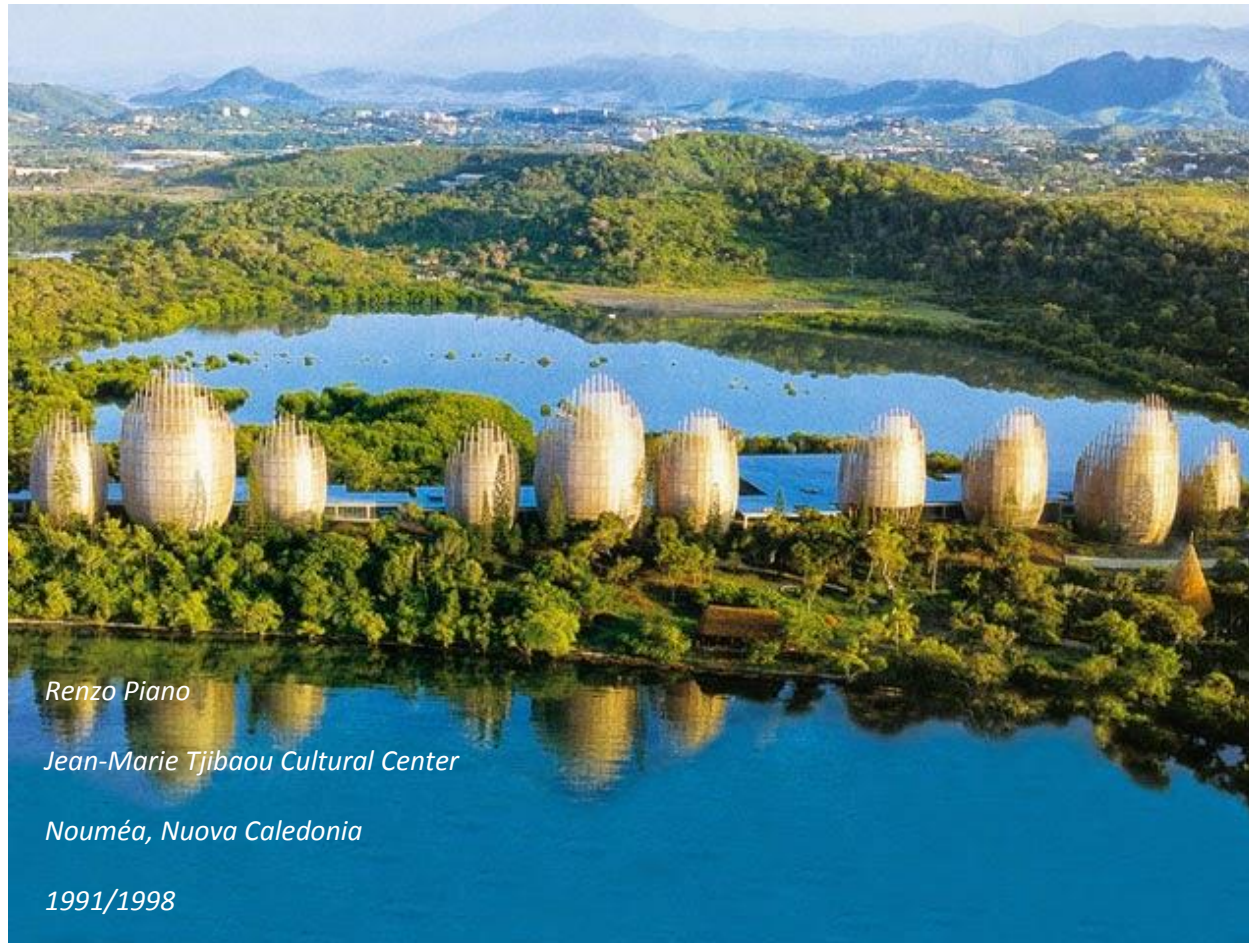
L’organicità di un edificio è determinata tanto dalla sua forma, quanto dal modo stesso in cui esso “funziona”, ossia dall’insieme delle soluzioni applicate dai progettisti per rispondere alle esigenze tecniche e di utilizzo. Ambiti in cui è possibile un approccio organico sono, ad esempio, la scelta della struttura portante dell’edificio e il modo in cui le condizioni ambientali al suo interno vengono create e mantenute. In questi casi, il risultato è solitamente una notevole efficienza in termini strutturali ed energetici, ottenuta attraverso l’imitazione di processi naturali che permettono un ottimale adattamento della struttura alle caratteristiche dell’ambiente in cui è collocata.

Tali peculiarità sono riscontrabili negli edifici progettati dagli architetti organici della prima metà del Novecento, ma sono molto evidenti anche in opere degli ultimi decenni le quali, pur essendo spesso incollocabili in un preciso “contenitore teorico” in quanto espressione di linguaggi personali profondamente diversi tra loro, sono caratterizzate da soluzioni progettuali che rientrano a pieno titolo nell’idea di costruzione organica precedentemente accennata.

3. Esempi di moderna organicità

I due celebri progetti contemporanei descritti in seguito costituiscono, per le soluzioni organiche presentate a diversi livelli, esempi significativi dell’influenza di un approccio di questo tipo sull’architettura di oggi.

3.1 CENTRO CULTURALE JEAN MARIE TJIBAOU, Renzo Piano



Costruito su finanziamento del governo francese, il centro culturale, dedicato al leader politico Jean-Marie Tjibaou assassinato nel 1989, è un omaggio alle tradizioni della popolazione indigena Kanak.

Il complesso, in cui spiccano dieci edifici a guscio in legno, acciaio e vetro (altezza massima 28m), è ispirato alle costruzioni tradizionali dei villaggi Kanak e si divide in tre nuclei ospitanti mostre, auditorium e una biblioteca.

L'approccio organico è evidente nella stretta relazione che sussiste tra spazi interni ed esterni degli edifici e nel meccanismo di ventilazione passiva che permette una climatizzazione naturale sfruttando soprattutto le caratteristiche strutturali dei gusci, la cui forma è dettata dalla scelta di introdurre tale sistema oltre che dalla volontà di richiamare le abitazioni tradizionali.

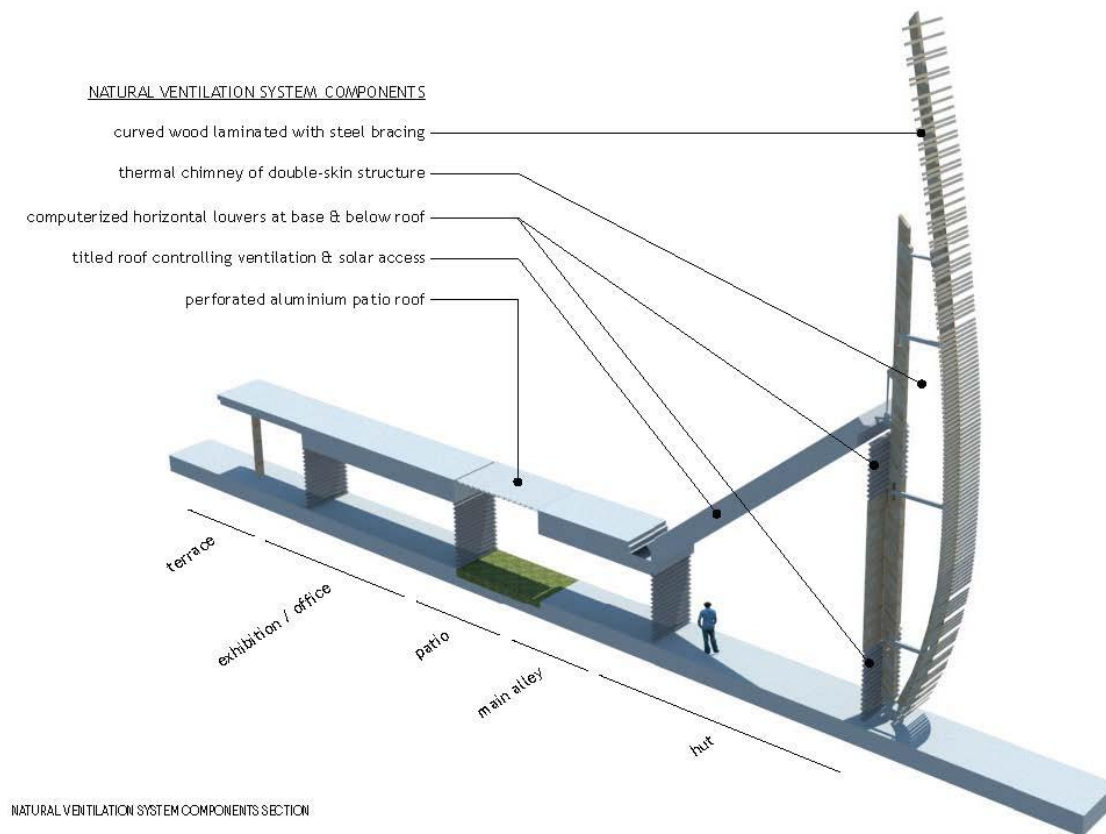
In un clima tropicale oceanico come quello della Nuova Caledonia, dove le temperature annue variano in media da un minimo di 18.5°C in inverno e un massimo di 34°C in estate e l'umidità relativa media annua è del 75%, la soluzione adottata da Piano permette un notevole risparmio energetico.

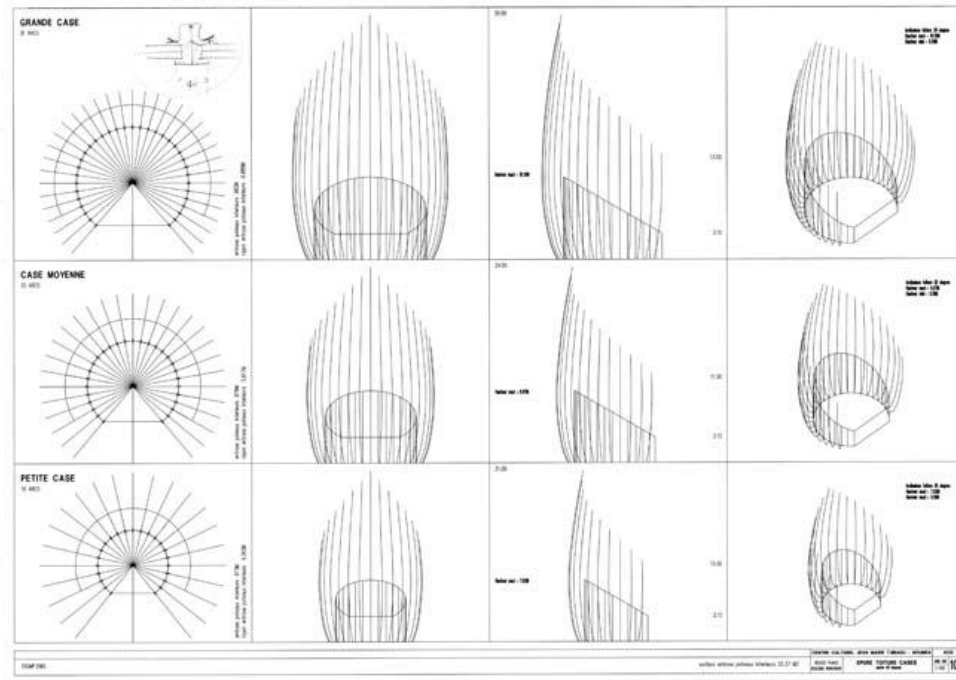
IL SISTEMA DI VENTILAZIONE PASSIVA

Nel complesso, il sistema di ventilazione è controllato da una serie di feritoie a persiana (louvers), per la maggior parte ad apertura computerizzata, che permettono di sfruttare due principi: l'effetto camino (stack ventilation) e l'effetto passivo dei venti (ventilation due to wind forces).

L'effetto camino si basa sulla convezione: considerando una struttura con delle aperture nella parte inferiore e nella parte superiore, dove la temperatura interna dell'edificio sia maggiore della temperatura esterna, l'aria calda interna tenderà a salire e a generare una zona di bassa pressione nella struttura. Tale depressione è compensata dall'aria esterna, più fredda, libera di attraversare le aperture nella parte inferiore della costruzione. In questo modo, si genera un

moto convettivo all'interno dell'edificio dove l'aria più fredda entra dal basso, mentre quella più calda esce dall'alto permettendo di coinvolgere l'intero volume interno della struttura. L'intensità dell'effetto dipende da diversi fattori, in generale, è ampiamente influenzata dalla differenza di temperatura interno-esterno e dall'altezza dell'edificio: più marcati sono questi parametri, maggiore è l'effetto osservato. A meno di costanti dipendenti dall'ambiente, il tasso di ventilazione aumenta all'aumentare di altezza, differenza di temperatura e sezione dell'apertura d'ingresso dell'aria.





Nel caso del progetto di Renzo Piano, la differenza di temperatura tra esterno e interno è esigua; per compensazione, gli edifici sono stati progettati in modo tale da offrire un alto “camino” costituito dall’intercapedine tra i due strati di rivestimento dei gusci.

Ad incrementare i risultati della convezione c’è l’effetto dei venti: quando un vento incontra un ostacolo, in questo caso un edificio, si determinano localmente aree di alta e bassa pressione. In generale, si ha alta pressione in corrispondenza della parte sopravvento, mentre nella parte dell’edificio sottovento si genera una zona a pressione inferiore. In presenza di aperture su entrambi i lati della struttura, o di una configurazione a “camino” il gradiente barico generato permette il movimento dell’aria all’interno dell’edificio da una zona di bassa pressione ad una zona di alta pressione seguendo su scala ridotta il principio che è alla base della formazione di un qualsiasi vento.

Sussiste la seguente relazione:

$$Q = KAV$$

Q = tasso di ventilazione (m³/h)

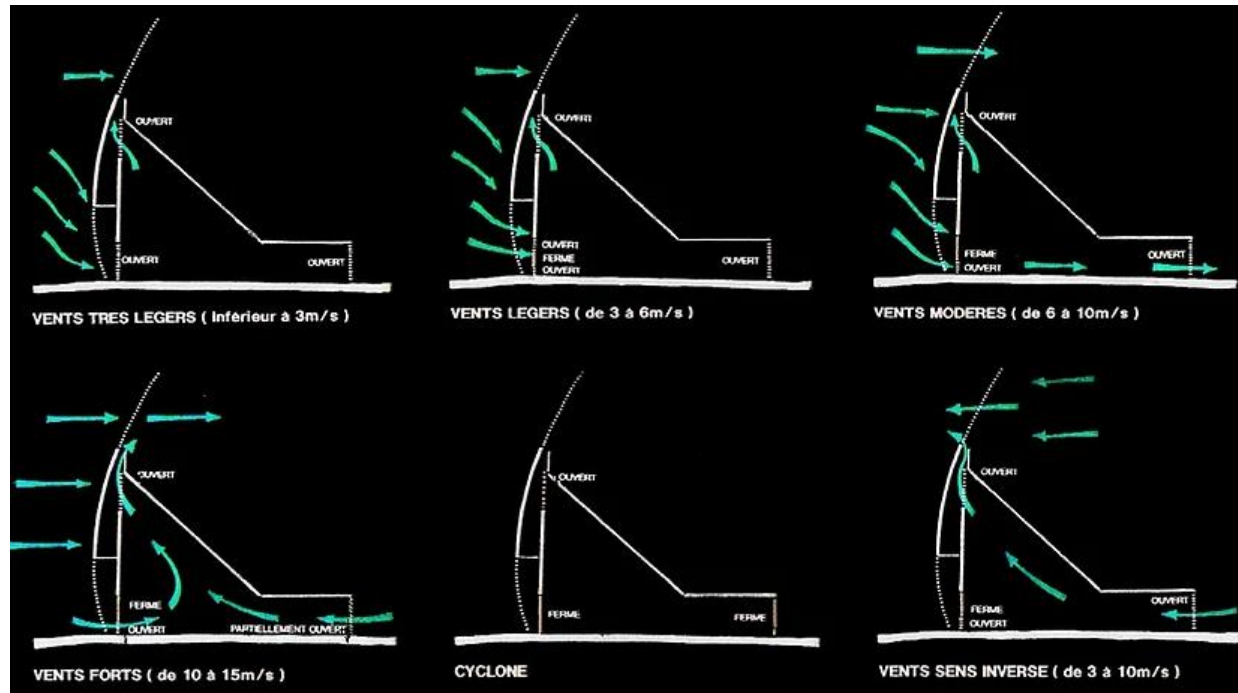
A = area dell’apertura minore (m²)

V = velocità del vento esterno (m/h)

K = coefficiente di efficacia, dipendente dalla direzione del vento, dall’ aerea delle aperture e da condizioni locali

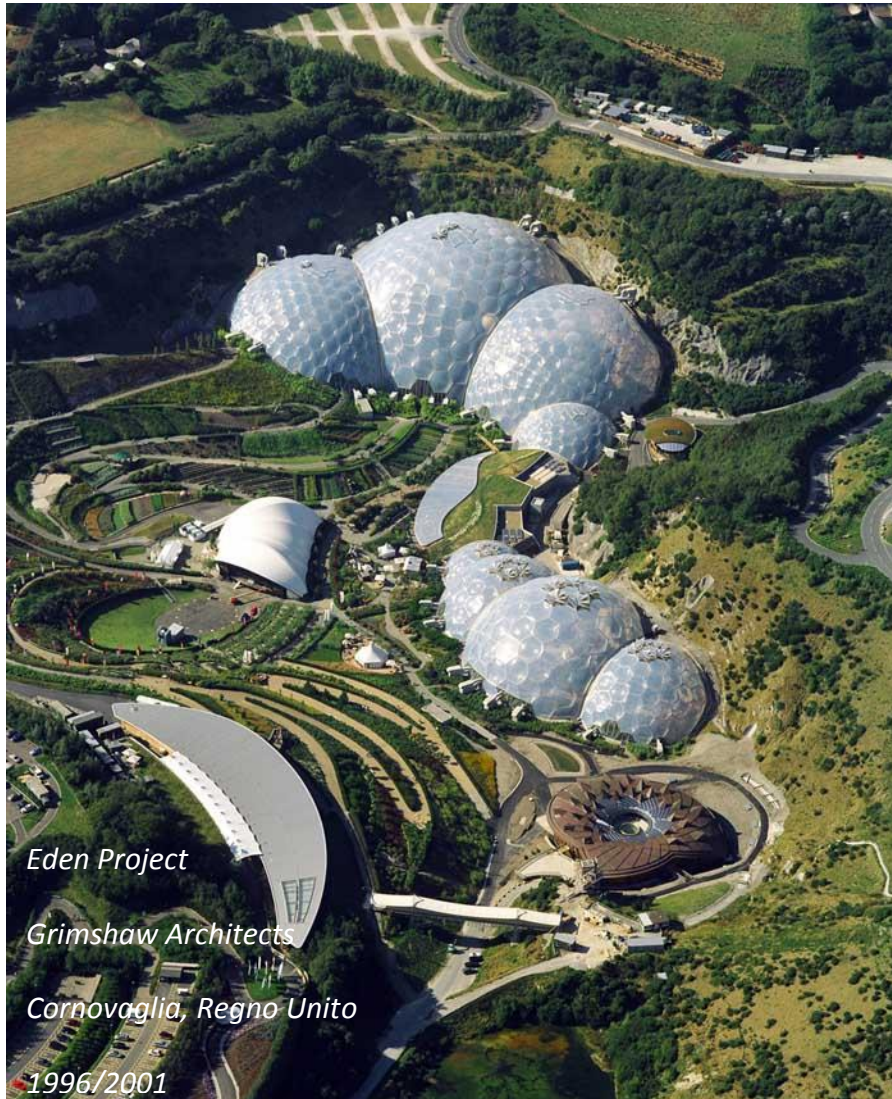
I due effetti sopra descritti sono entrambi sfruttati ai fini della climatizzazione e sono modulati attraverso un sistema quasi interamente computerizzato che gestisce l'apertura dei louvers dei gusci e delle feritoie degli ambienti circostanti in base alle condizioni atmosferiche per fornire una ventilazione costante.

Il seguente schema raffigura alcune possibili configurazioni:



I dieci gusci del centro sono orientati in modo tale da essere rivolti verso l'oceano, sulla costa sopravento dell'isola. È così possibile massimizzare gli effetti di venti e brezze. Questa soluzione, unita alla progettazione in galleria del vento, ha permesso di ottenere strutture in grado di fornire un'efficace climatizzazione naturale e capaci di resistere ai cicloni che frequentemente colpiscono l'area durante la stagione piovosa.

3.2 EDEN PROJECT, Nicholas Grimshaw



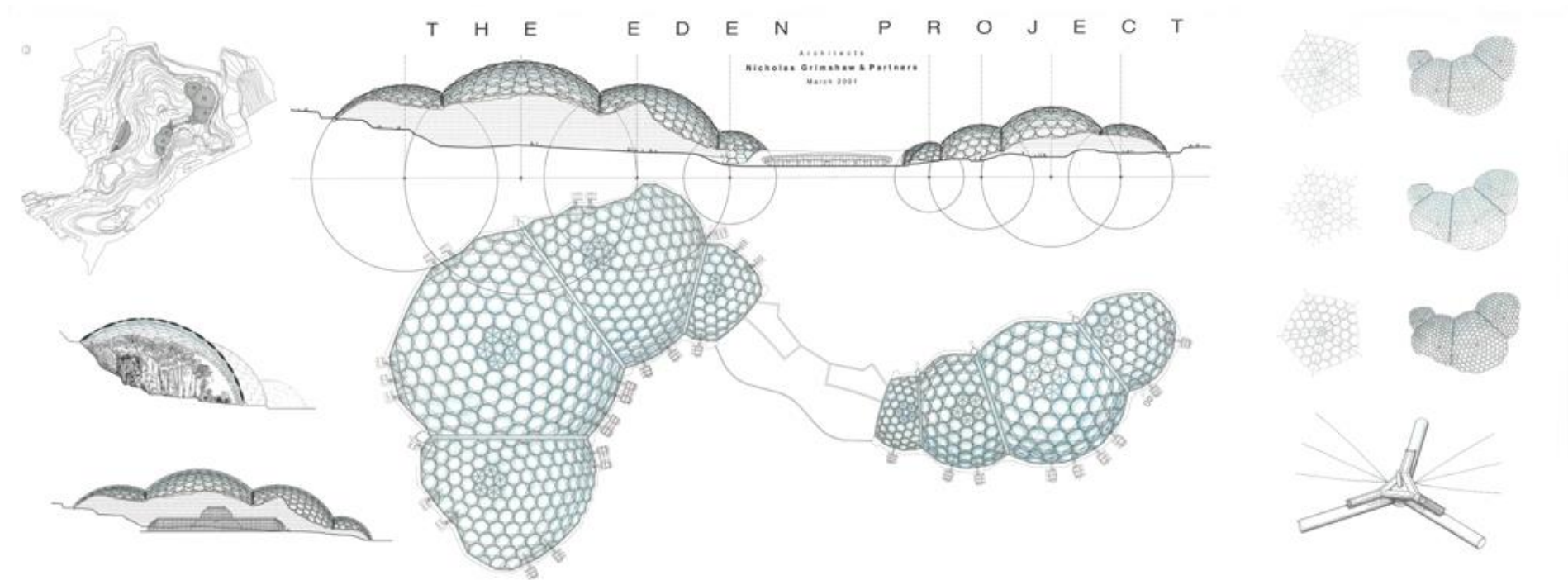
*Eden Project
Grimshaw Architects
Cornovaglia, Regno Unito
1996/2001*

Situato in una cava di caolinite dismessa, l'Eden Project è un complesso caratterizzato dalla presenza di due enormi serre in cui sono stati ricreati il bioma mediterraneo e quello tropicale, il quale attualmente rappresenta la più grande "foresta pluviale in cattività" del mondo. Sono presenti anche giardini e altre strutture che ospitano mostre, attività didattiche ed eventi.

Tutti gli edifici sono stati progettati traendo ispirazione da elementi naturali con l'intento di ridurre il più possibile l'impatto ambientale del complesso. In questo senso, le scelte progettuali più significative riguardano: la scelta dei materiali isolanti; l'uso, dove possibile, di apparecchiature a basso consumo energetico; l'utilizzo di energia prodotta in loco da impianti eolici, fotovoltaici e, in futuro, da un impianto geotermico; un attento controllo sull'utilizzo delle risorse idriche.

Considerazioni più ampie vanno effettuate per quanto riguarda la scelta dei materiali: sono stati preferiti prodotti riciclati, provenienti da industrie spesso vicine al sito, caratterizzati da un processo produttivo dalle ridotte emissioni di CO₂ e minimo spreco di materia prima. Queste scelte si combinano con l'idea generale di minimizzare la quantità di materiale usato attraverso una progettazione che ha permesso, ad esempio, di evitare quasi completamente l'uso del cemento prevedendo strutture portanti che non necessitano di pilastri in calcestruzzo e attraverso l'utilizzo di altri aggregati derivanti dagli scarti della cava che occupava precedentemente il sito.

L'ARCHITETTURA DEI BIOMI



Le due grandi serre, vero e proprio simbolo dell'Eden Project, sono composte ciascuna da quattro cupole comunicanti, arroccate sulle pendici della cava. Le dimensioni sono notevoli e, nel caso del bioma tropicale, sono raggiunti il diametro di 125 m e l'altezza di 55 m per un'estensione complessiva delle quattro cupole pari a 240 m in lunghezza e 110 m in larghezza.

L'aspetto organico delle strutture è evidente sin dagli elementi che hanno ispirato la loro costruzione: gli stessi progettisti hanno affermato di aver tratto spunto dalle caratteristiche strutturali di bolle di sapone e alveari per rispondere alle particolari esigenze costruttive che rappresentavano una vera e propria sfida. Le forme sviluppate rappresentano risposte estremamente efficienti ai due principali problemi che architetti e ingegneri si sono trovati ad affrontare durante la progettazione delle serre: la necessità di costruire strutture leggere, con la massima resistenza e il minimo spreco di materiale e l'esigenza di

progettare le serre mentre la cava era ancora in uso. La costruzione avrebbe dovuto ricoprire un volume enorme, adattandosi a un terreno irregolare e franoso, per giunta ancora privo di riferimenti circa il livello delle fondazioni.

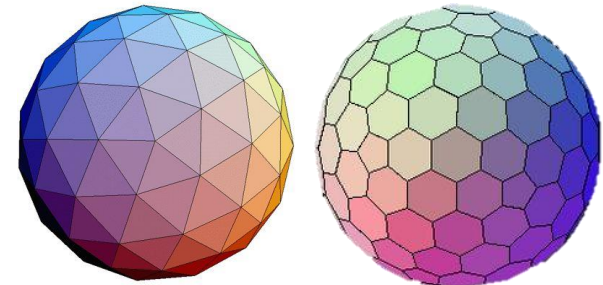
La forma scelta per i biomi è una struttura composta da più cupole geodetiche in acciaio rivestite da cuscini polimerici di ETFE. Ciascuna cupola ha in realtà due livelli: uno esterno, in cui è inserito il tamponamento, composto da esagoni e pentagoni e uno interno con triangoli ed esagoni aventi funzione di rinforzo. Si tratta di strutture autoportanti, una caratteristica chiave che permette a queste cupole di coprire ampi volumi senza bisogno di pilastri, consentendo, inoltre, l'adattamento alla forma del terreno.

CUPOLE GEODETICHE

Una geodetica è una linea i cui segmenti rappresentano i tratti di lunghezza minima congiungenti due punti dati della superficie su cui la geodetica giace. Nel piano, le geodetiche sono rette mentre sulla superficie di una sfera, ad esempio, esse sono circonferenze di raggio massimo.

Le cupole geodetiche si definiscono matematicamente come particolari triangolazioni della sfera con vertici di grado 5 e 6 (il grado di un vertice di un poliedro indica il numero di spigoli che partono da esso), mentre si dice fullerene un poliedro costituito solo da facce pentagonali ed esagonali con vertici di grado 3. Il fullerene è un particolare solido derivato dalla cupola geodetica nella sua definizione classica, per cui ne conserva le caratteristiche. In entrambi i casi, tutti i lati dei poligoni sulla superficie della cupola giacciono su circonferenze massime della sfera dette appunto linee geodetiche, da cui il nome delle strutture.

Nei fullereni, sono presenti esattamente 12 facce pentagonali, mentre le facce esagonali sono in numero variabile secondo la relazione $2F_6 = V - 20$ (dove F_6 è il numero delle facce esagonali e V è il numero dei vertici).



Entrambe le proprietà possono essere dimostrate applicando la formula di Eulero $V - S + F = 2$, la quale mette in relazione il numero di facce, spigoli e vertici in un poliedro topologicamente semplice.

Siano: F_5 = numero di facce pentagonali

F_6 = numero di facce esagonali

S = numero di spigoli

V = numero di vertici

F = numero di facce totali

Si avrà che $F = F_5 + F_6$ e, essendo per ogni faccia pentagonale $V = S = 5$ e per ogni faccia esagonale $V = S = 6$ con ogni spigolo comune a due facce e ogni vertice comune a tre facce, si ottiene che $2S = F = 5F_5 + 6F_6$ e $3V = F = 5F_5 + 6F_6$. Sostituendo nella formula di Eulero le precedenti espressioni e moltiplicando si ottiene:

$$2(5F_5 + 6F_6) - 3(5F_5 + 6F_6) + 6(5F_5 + 6F_6) = 12$$

$$10F_5 - 15F_5 + 6F_5 + 12F_6 - 18F_6 + 6F_6 = 12$$

$$F_5 = 12 \text{ c.v.d.}$$

Sostituendo nuovamente nella formula di Eulero e moltiplicando per due si avrà:

$$2V - (60 + 6F_6) + 2(F_6 + 12) = 4$$

$$2V - 4F_6 - 60 + 20 = 0$$

$$2F_6 = V - 20 \text{ c.v.d.}$$

Richard Buckminster Fuller, da cui il fullerene prende nome, fu tra i primi ad utilizzare questo tipo di cupola in architettura.

Dal punto di vista strutturale, le forze tendono sempre a distribuirsi lungo linee geodetiche, quindi lo sviluppo di uno schema in cui gli elementi resistenti siano disposti solo lungo tali percorsi permette di ottimizzare l'uso di materiale e di ottenere comunque un'ottima efficienza statica. La leggerezza delle strutture così ottenute le rende adatte alle grandi coperture.

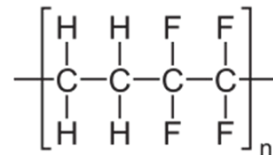
Nel caso dell'Eden Project, la particolare statica del fullerene ha permesso di adattare la struttura alla forma irregolare del pendio su cui è collocata, inoltre, ha reso agevole l'unione di più cupole tramite raccordi ad arco di circonferenza.

ETFE, UN POLIMERO AD ALTA RESISTENZA PER COPERTURE TRASPARENTI E ISOLANTI

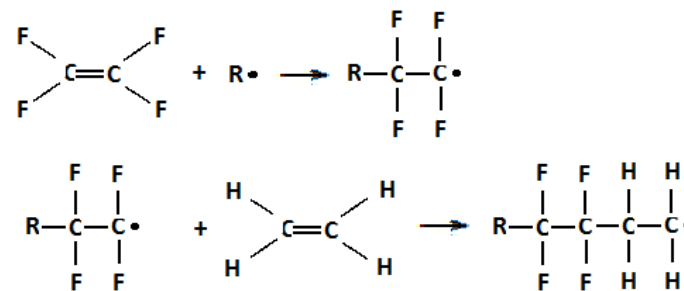
Per il rivestimento dei biomi, gli architetti e gli ingegneri coordinati da Grimshaw hanno scelto di utilizzare dei tamponamenti a cuscini pneumatici di ETFE che, rispetto ad una copertura in vetro, vantano maggior leggerezza, una migliore permeabilità ai raggi UV, sono isolanti termici più efficienti e permettono di realizzare lastre di diametro fino a 11 metri senza bisogno di sostegno ulteriore rispetto all'intelaiatura perimetrale.

L'Eden è uno dei primi progetti a presentare questa soluzione che, negli anni successivi, è stata adottata in molte altre costruzioni.

L'ETFE (Etilene Tetrafluoroetilene) è un copolimero formato da monomeri di etilene e fluoroetilene.



Si tratta di un polimero di addizione che può essere sintetizzato tramite la seguente reazione radicalica, mediata da un iniziatore:



Se la reazione procede in modo poco controllato, si possono avere delle anomalie nella sequenza dei monomeri che riducono la resistenza agli agenti chimici, in particolare agli ossidanti.

Il polimero ottenuto viene solitamente estruso per ottenere fogli di ottima qualità con elevata trasparenza, omogeneità e alto grado di cristallinità.

Quest'ultimo, in particolare, è una proprietà che influenza in modo importante le caratteristiche fisiche di un polimero: i polimeri, generalmente, sono solidi semicristallini, la loro configurazione in lunghe catene ne impedisce la cristallizzazione completa e spontanea. Il grado di cristallinità esprime la frazione, in massa o in volume, di campione cristallino ed è in grande misura dipendente dal processo di raffreddamento a cui il fuso è sottoposto e dalla presenza di gruppi funzionali polari. A parità di peso molecolare, un polimero altamente cristallizzato è più denso del corrispondente amorfo per effetto della minor distanza tra le molecole, inserite in strutture ordinate. Tale caratteristica implica anche una maggior resistenza, dovuta alla presenza di forze intermolecolari più intense, e minor elasticità, inoltre, sono influenzate le proprietà ottiche.

L'ETFE si inserisce nella categoria dei polimeri parzialmente fluorurati e ne presenta le principali caratteristiche: gli atomi di fluoro, molto più voluminosi degli atomi di idrogeno, si dispongono esternamente alla catena polimerica creando una sorta di rivestimento estremamente compatto, inoltre, grazie alla stabilità del legame F – C, i polimeri fluorurati presentano generalmente ottima resistenza chimica anche ad elevate temperature. Si tratta di sostanze che hanno, anche senza stabilizzazione, eccellente resistenza agli agenti atmosferici, sono fisiologicamente inerti, non infiammabili e infragiliscono solo a temperature estremamente basse.

L'ETFE ha caratteristiche che, se confrontate con quelle del vetro applicato ad un contesto simile, mostrano in maniera evidente come questo polimero sia estremamente adatto alle esigenze strutturali dell'Eden Project.

VETRO (in media per vetrocamere a doppio vetro da 3mm ciascuno)

ETFE (in media per un cuscinetto a tre strati, 300 µm per i due strati esterni e 50 µm per lo strato interno con funzione esclusivamente isolante)

PESO	15.2 kg/m ²	1.14 kg/m ²
TRASMISSIONE DELLA LUCE	81% visibile (in assenza di trattamenti) 58% UV	90-97% visibile 85% UV <i>(Si ha però distorsione delle immagini a causa della curvatura)</i>
PROPRIETÀ ISOLANTI	2.8 W/m ² K	1.95 W/m ² K

È inoltre da considerare che il processo produttivo dell'ETFE richiede soltanto il 10% dell'energia richiesta per produrre il vetro e, in caso di danni, la rottura del pannello non produce frammenti e può essere riparata da apposite toppe senza richiedere sostituzione.

Nel caso specifico dei biomi, la flessibilità del materiale e la sua organizzazione in cuscini pneumatici sono sfruttate per rendere più efficiente la copertura: il cuscino in tre fogli aumenta notevolmente la capacità isolante, inoltre, grazie ad un sistema informatizzato, la pressione interna ai cuscini viene gestita in funzione delle condizioni climatiche, ad esempio, in caso di nevicata abbondante, la pressione di gonfiaggio può passare da 250Pa a 400Pa per compensare la forza esercitata dal peso della neve.

Tutto il sistema è così efficiente che solo di rado risulta necessario ricorrere a riscaldamento o ventilazione artificiali: generalmente la temperatura ottimale è garantita dall'isolante e, per movimentare le masse d'aria, sono sfruttati i pannelli apribili posti alla sommità delle cupole per ottenere un "effetto camino" già descritto in precedenza.

4. "A BUILDING... LIKE A TREE": una nuova concezione di costruzione presentata alla Biennale di Architettura 2016

"I think one of the big architectural issues for the future is realizing the real significance of plants and human life; the connection between plants and buildings can only get closer"

(Nicholas Grimshaw)

Questo è quanto afferma Grimshaw parlando dell'Eden Project e dell'importanza di trarre ispirazione da elementi naturali in architettura.

Connesso ideologicamente alla teoria espressa da Grimshaw di un'architettura con un ruolo sempre meno passivo, è il progetto presentato dall'ingegnere chimico Michael Braungart all'interno del padiglione centrale della Biennale di Architettura 2016. Il concetto alla base, reinventa l'attuale idea di costruzione sostenibile: egli afferma che, immaginando la sostenibilità come riduzione dell'impatto ambientale, l'unica via per ottenere una struttura sostenibile sarebbe non costruire affatto, invece, pensando ad edifici con un'impronta positiva sull'ambiente, in grado di interagire attivamente con esso e migliorare le condizioni di abitabilità delle città, sarebbe possibile trasformare la città in un'occasione per "produrre, con la giusta infrastruttura, un vantaggio per il pianeta" (*Guida Biennale 2016*).

A Building...

- ...THAT CLEANS THE AIR JUST.
- ...THAT CREATES A HEALTHY CLIMATE JUST.
- ...THAT CHANGES COLOURS WITH THE SEASONS JUST.
- ...THAT CELEBRATES HEALTHY ABUNDANCE AND BEAUTY JUST.
- ...THAT CAPTURES LIGHT & CO2 TO MANUFACTURE RENEWABLE MATERIALS JUST.
- ...THAT USES MATERIALS LOCALLY IN A GLOBALLY BENEFICIAL WAY JUST.
- ...THAT RESISTS FIRES, STORMS, FLOODS, DROUGHTS, AND EARTHQUAKES JUST.
- ...THAT PROVIDES MATERIALS FOR CIRCULAR SYSTEMS JUST.
- ...THAT EXCHANGES INFORMATION WITH ITS ENVIRONMENT JUST.
- ...THAT OFFERS SHADE TO PROTECT SPECIES FROM THE SUN JUST.
- ...THAT SYNTHESISES COMPLEX SUBSTANCES JUST.
- ...THAT IS A HABITAT FOR HUNDREDS OF SPECIES JUST.
- ...THAT OPERATES WITH RENEWABLE ENERGY JUST.
- ...THAT GENERATES SOIL AND NUTRIENTS JUST.
- ...THAT SUPPORTS DIVERSE WAYS OF LIFE JUST.
- ...THAT PROMOTES AND CELEBRATES BIODIVERSITY JUST.
- ...THAT CREATES SYMBIOTIC COMMUNITIES JUST.
- ...THAT FEEDS ANIMALS AND PLANTS JUST.
- ...THAT IS SAFE FOR THE BIOSPHERE JUST.
- ...THAT MAKES OXYGEN JUST.
- ...THAT GROWS OVER TIME JUST.
- ...THAT PURIFIES WATER JUST.
- ...THAT MAKES GERMANS, TREE HUGGERS AND OTHER EMOTIONAL PEOPLE SING JUST.
- ...THAT ADAPTS OVER TIME, IS SELF-RENEWING, RESTORATIVE AND SELF-REPLICATING JUST.

...like a Tree.

Published by the German Architectural Association (AAE) in cooperation with the German Design Council (GDC) and the German Design Award (GDA).
© 2011, German Design Award (GDA).
All rights reserved.
www.german-design-award.com

L'idea teorica è supportata dalla presentazione di progetti, molti dei quali ancora in stato di sviluppo, che coinvolgono vari settori dell'edilizia e si caratterizzano per un'"impronta positiva".

Ad unire molti di questi progetti c'è l'idea di Cradle-to-Cradle che riguarda il riciclo efficiente di materiali in un sistema che coinvolge il consumatore, ma anche l'azienda produttrice. Il recupero dei materiali è teoricamente totale grazie ad un design che permette la suddivisione dei rifiuti in due cicli: biologico e tecnologico. Nel primo caso il materiale viene interamente decomposto e reintrodotta nella biosfera, nel secondo caso, i materiali sono trattati in modo tale da poter essere completamente riutilizzati come materie prime.

I concetti presentati da Braungart, possono costituire un'importante svolta nel modo di costruire legandosi ancora una volta ai molteplici significati del termine "organicità" in architettura.

FONTI

Sitografia

<http://www.archdaily.com/600641/ad-classics-centre-culturel-jean-marie-tjibaou-renzo-piano>

<http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic502069.files/tjibaou.pdf>

https://it.wikipedia.org/wiki/Eden_Project

<http://www.edenproject.com>

<https://grimshaw.global/projects/the-eden-project-the-biomes/>

https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/117351/3/2015_12_SCANDELLA.pdf

http://www.mat.uniroma3.it/users/magrone/2010_11/magistrale/cupole-geodetiche30luglio.pdf

http://amslaurea.unibo.it/579/1/Bersano_Eleonora_Tesi.pdf

https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/6190/Charbonneau_Linda.pdf

https://it.wikipedia.org/wiki/Etilene_Tetrafluoroetilene

http://paduaresearch.cab.unipd.it/1276/1/Tesi_totale-betta.pdf

<http://www.chimica.unipd.it/valerio.causin/privata/documentazione/insegnamenti/Chimica%20Industriale%20Macromolecolare/dispense.pdf>

<http://www.beneficialfootprint.net/>

Bibliografia:

Il primo libro di architettura, Colin Davies, Einaudi

Biennale di Architettura 2016, Guida, Marsilio

Il nuovo arte tra noi vol.5, Edizioni Scolastiche Bruno Mondadori

Altro materiale:

Renzo Piano, che cos'è l'architettura, registrazione della conferenza tenuta a Roma il 7/2/2007