

La poetica delle forze

Marco Carratelli Università di Firenze, DIDA – Dipartimento di Architettura Firenze
office@ayimstudio.com

Lucia Lunghi Università di Firenze, DIDA – Dipartimento di Architettura Firenze
office@ayimstudio.com

In natura ogni organismo, sia questo organico o inorganico, si sviluppa seguendo un processo che vede legati in modo sinergico Crescita e Forma, in cui i singoli componenti (materiale, struttura e spazio) sono interconnessi e interdipendenti. Tramite processi di ottimizzazione guidati dall'azione di forze, l'organismo architettonico può diventare la risultante di questo processo; il linguaggio che emergerà avrà una propria espressione estetica.

Sinergia, Forze, Morfogenesi, Ottimizzazione, Estetica

In nature each organism, be it organic or inorganic, follows a process that sees linked synergistically growth and form, where the individual components, material, structure and space are interconnected and interdependent. Through an optimization scheme, driven by the action of forces, the architectural organism can become the result of this process, and the language that will emerge will own aesthetic expression.

Synergy, Force, Morphogenesis, Optimization, Aesthetics

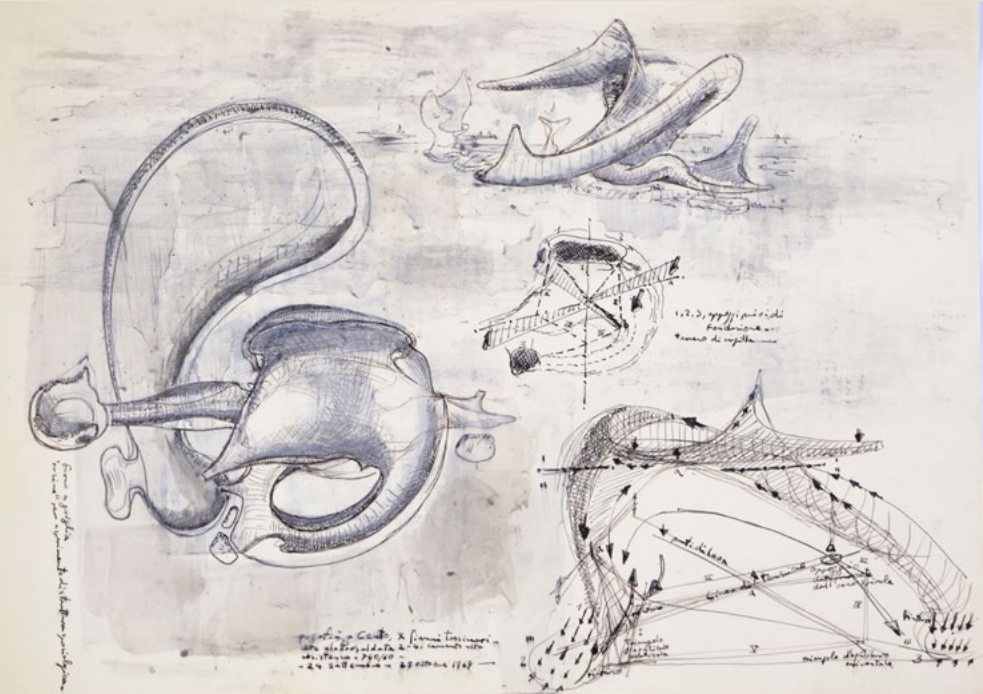
Verso una visione sistemica

La nascita di una visione sistemica della vita ha origine a partire dalla filosofia greca, Aristotele afferma «il tutto è maggiore della sommatoria delle parti» (Aristotele, 1973, pp. 454), principio sul quale nei primi decenni del XX secolo si fonda il pensiero olistico [1].

Nel secolo scorso, la nascita e lo sviluppo della matematica della complessità (teoria del caos, teoria dei frattali, matematica topologica), insieme al concetto di auto-organizzazione [2], principio innovativo nato nelle prime discussioni dei cibernetici [3], ha consentito di rivolgere lo sguardo verso il concetto di forma, inteso come studio dello schema. Invece di cercare di comprendere la sostanza, nel tentativo di capire di cosa è fatta la materia e arrivare ai suoi costituenti ultimi, la visione sistemica pone alla base della comprensione dei sistemi viventi lo schema, o rete di relazioni, quel qualcosa di non materiale e non riducibile che lega le parti. Fritjof Capra, in *La rete della vita* (Capra, 1989), reputa che i due aspetti fondamentali per ottenere una conoscenza completa di un sistema vivente (e non), sono la sintesi tra “schema” (forma, ordine, qualità) e “struttura” (sostanza, materia, quantità), entrambi legati indissolubilmente dal “processo”, l’attività necessaria alla materializzazione continua dello schema di organizzazione del sistema.

Introducendo tali aspetti in un organismo architettonico possiamo pensare di trovare la stessa rete di relazioni. Lo schema è dato da una serie di parametri progettuali (funzionali, strutturali, qualitativi) e le loro relazioni; la struttura è da intendersi come la materializzazione morfologica dello schema, ossia la rappresentazione dei reali componenti fisici del sistema caratterizzati da una forma e dal materiale applicato, in definitiva le possibili invarianti architettoniche [4]. Il processo è il linguaggio di crescita attraverso il quale lo schema si traduce in struttura.

All’interno di questo sistema, il risultato finale è una delle tante possibilità, assumendo il ruolo di esperienza che, tramite processi ricorsivi, viene immessa nuovamente all’interno del ciclo per portare a soluzioni evolutive più adatte. Schema, struttura e processo rappresentano le caratteristiche essenziali di un nuovo modo di approcciarsi all’architettura. Gli strumenti digitali, l’evoluzione tecnologico-costruttiva e la ricerca di nuovi materiali, offrono l’opportunità di una visione sistemica della progettazione, dove l’organismo architettonico non è scomponibile per parti, emergendo da un processo dove tutti gli elementi sono interconnessi.



01

La Natura come Modello

In natura ogni organismo, sia esso organico che inorganico, si sviluppa seguendo un processo che vede legati in modo sinergico Crescita e Forma. Alla base di questo ragionamento troviamo un importante concetto tohmsoniano: «la forma di ogni porzione di materia, sia essa viva o morta, e i cambiamenti di forma che appaiono nei suoi moti e nella crescita, possono sempre venir descritti come l'effetto dell'azione di una forza. In breve la forma di un oggetto è un diagramma di forze.» (Tohmson D'Arcy, 1969, p. 9)

Henry Focillon sostiene che la materia ha una “vocazione alla forma” (Focillon, 1943): i diagrammi che visualizzano le direzioni e le tensioni lungo le quali agiscono le forze formatrici altro non sono che la figurazione dei principi che governano i processi di generazione, formazione e in-formazione delle incipienze morfologiche, inscritte nella materia, tendenti ad auto-organizzarla, spingendola ad assumere una determinata struttura. La natura come modello ha stimolato il lavoro di molti architetti, i quali hanno cercato di trasferire logiche presenti in natura in processi architettonici.

Buckminster Fuller è stato, forse, il primo a cogliere l'importanza delle relazioni, proponendo una «geometria sinergica» (Fuller, 1962, p. 116). Il principio sul quale si struttura questo pensiero nasce dalla volontà di indagare il mondo della natura con l'intento di risalire alle logiche

01
Vittorio Giurgini
“Scultura gioco da giardino”, 1969.
Committente:
Famiglia Tassinari
Luogo: Cento
(Ferrara)
© Archivio
Vittorio Giurgini

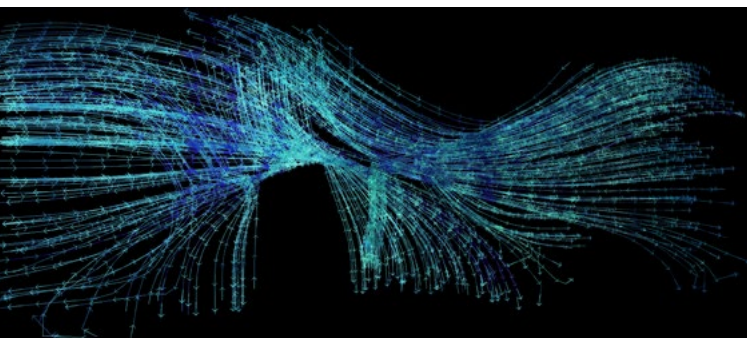
e alle relazioni che sono alla base dei principi formativi: la forma non è data ma si forma, è cioè sempre generata da un processo morfogenetico. La natura si organizza seguendo precise strutture disegnate dall'azione delle forze seguendo il principio del minimo dispendio di energia, base del concetto di ottimizzazione. In tal senso il linguaggio di crescita con cui la natura traduce lo schema in struttura è quello delle forze formatrici.

Per Vittorio Giorgini, architetto fiorentino attivo negli anni Sessanta del secolo scorso, «cercare di capire la forma della natura, vuol dire indagare all'interno di essa svelandone i funzionamenti, i cambiamenti, la loro genesi e la struttura, intendendo con quest' ultima il modo con il quale gli elementi e le parti si relazionano» (Del Francia, 2000, p. 39); un pensiero che lo ha portato a sviluppare metodologie architettoniche dove materiale, struttura, spazio si fondono come le note all' interno di una composizione musicale. Nelle sue sperimentazioni il segno e la forza diventano generatori primi di sistemi il cui grado di complessità si sviluppa aggiungendo alle tre dimensioni dello spazio una quarta, rappresentata dalla forza o energia [fig. 01].

È indubbio che l'architettura si sta muovendo su binari studiati già da tempo da architetti illuminati, e oggi grazie alla rivoluzione tecnologica in atto, è forse possibile codificare in modo più evoluto questo tipo di pensiero.

La Poetica delle Forze

Da queste esperienze si stanno delineando scenari di ricerca che portano a un nuovo modo di concepire l'architettura. Negli ultimi decenni, il design computazionale ha permesso di trovare processi generativi che legati allo sviluppo di nuove tecnologie (stampa 3D, macchine CNC, bracci robotici) e alla ricerca di nuovi materiali, hanno permesso l'evolversi di schemi in grado di indagare le potenzialità di una architettura sistemica. Il progetto assume un ordine complesso, le singole parti e il tutto sono costantemente relazionati; il risultato è un radicale cambiamento dell'approccio al progetto. La volontà di rendere un'idea una realtà formale, si afferma con lo stabilire i parametri di uno schema; la forma è il risultato che emerge dalle relazioni e dalle interazioni che scaturiscono tra le parti, attraverso diagrammi di forze [fig. 02]. All'interno di questo panorama si persegue l'intento di esplorare il potenziale di una progettazione – dall'architettura al design di tipo performativo – attraverso l'interconnessione tra le parti (spazio, struttura, materia) e la loro efficienza rispetto a determinate condizioni ambientali e strutturali, al fine di generare un organismo architettonico ecologico.



02

02
Diagramma di forze generato attraverso iterazioni di ottimizzazione di un sistema generico. (Design: AyimStudio, 2016)

03
Fly-Around, progetto di Art/Design realizzato con tecnologia Select-Laser-Sintering e galvanizzato in argento. (Design: AyimStudio, 2015)

L'approccio ecologico rappresenta la via ottimale con cui le parti architettoniche entrano in relazione in modo da ottimizzare l'intero processo progettuale: un insieme di economie dall'idea alla realizzazione. L'organismo architettonico cresce generato da un codice genetico, che parte da uno schema in cui i parametri (condizioni ambientali, spazio e funzioni, staticità e tipologia di materiale) fanno emergere una struttura.

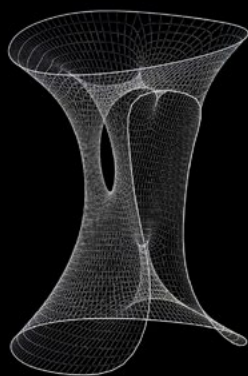
Fly-Around, *Balance* ed *Etere* sono i progetti che più rappresentano il nuovo scenario, esplorando le possibilità suggerite dalla generazione di un ordine spaziale attraverso processi di morfogenesi che trovano in specifiche forze i loro principi formativi. La poetica che le forze generano nel plasmare la materia, assume il ruolo di processo creativo, un principio formativo che mette in relazione i parametri progettuali creando una sinergia tra forma, spazio, struttura e materia.

Il progetto *Fly-Around* [fig. 03] esplora la generazione di una scultura indossabile che si adatta al corpo attraverso la simulazione di uno *swarm intelligence* (intelligenza collettiva). Gestito da semplici regole come coesione, repulsione e allineamento, ne emerge un sistema in cui il comportamento collettivo di agenti interagisce con il corpo, producendo l'emergere di una scultura adattiva. I vettori di relazione tra gli agenti generano campi di forze che imprimono una conformazione spaziale. Sfruttando le isosuperfici, tale schema di connessioni assume densità materica. *Fly-Around* rappresenta il volo di uno stormo intorno a un corpo, una simulazione dinamica in grado di adattarsi e generare continuamente nuove configurazioni. Ovunque c'è una forma, agiscono (o hanno agito) delle spinte, delle tensioni, dei vettori, che a seconda del campo in cui operano si dispongono nello spazio dando origine a diverse modalità di morfogenesi.

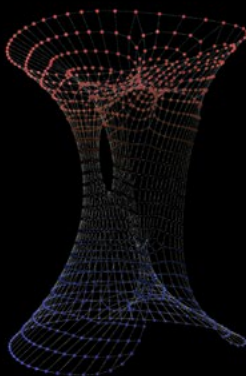
Le tensioni che si generano sulle superfici sottoposte all'azione della gravità – o ai carichi – creano un diagramma di forze, il quale si configura come linee di stress che rappresentano la loro distribuzione, evidenziando le

03





1 | MINIMAL SURFACE



2 | STRESS ANALYSIS

• FORCES • CONSTRAINTS



3 | FIBRE DENSITY DISTRIBUTION

04

04

Balance: studio delle fasi progettuali; dalla forma al diagramma di forze. (Design: AyimStudio, 2014)



05

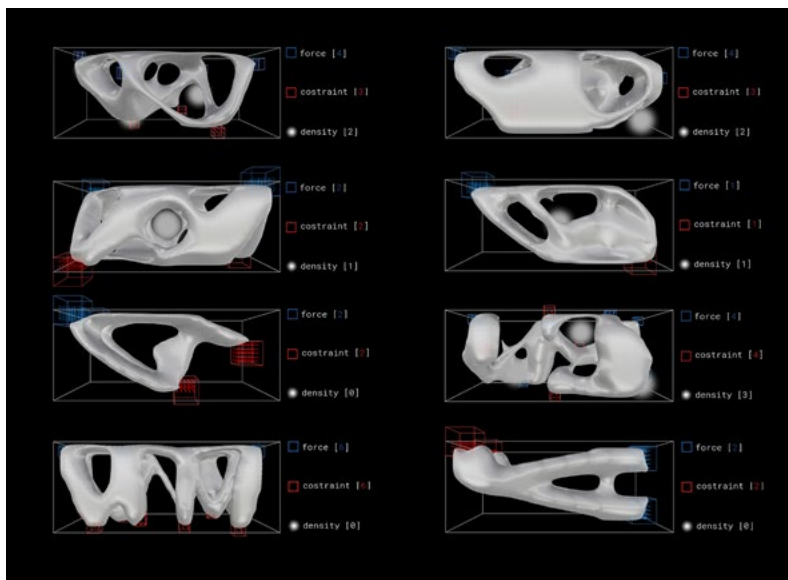
05

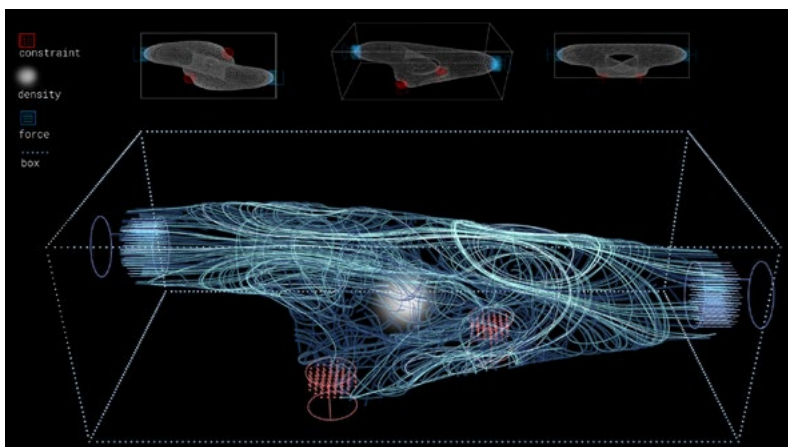
Balance: prototipo realizzato in resina trasparente con tecnologia SLA. (Design: AyimStudio, 2014, Foto di Micheli Mattia)

aree maggiormente sottoposte alle loro azioni. Le linee di stress creano una gerarchia che può essere tradotta a livello progettuale con parametri di densità, spessori e trasparenze. Questo ha portato a riflettere su come tale processo progettuale e i sistemi di fabbricazione (quale la stampa 3D) possano collaborare al fine di unificare in modo sinergico forma, materiale e struttura.

Lo sviluppo di questa ricerca ha portato alla progettazione di *Balance*, una seduta realizzata interamente in resina trasparente con tecnologia SLA (stereolitografia), dove le forze assumono un ruolo performativo, informando la superficie e generando un design ottimizzato. La geometria di partenza è data da una superficie minima, struttura che in natura presenta in ogni punto la curvatura media uguale a zero e quindi particolarmente stabile, generata seguendo requisiti funzionali propri di una seduta. Una volta definita la geometria di base sono stati applicati dei vincoli a terra e una forza verticale corrispondente al peso medio di una persona, in modo da analizzare le tensioni superficiali che si generano [fig. 04]. Lo spessore della membrana viene quindi ridotto al minimo, ottimizzando il materiale dove necessario, mentre il diagramma di forze diventa materia attraverso lo spessore degli irrigidimenti, che non conferiscono solo resistenza ma diventano anche espressione estetica [fig. 05].

06
Atlas di forme
ottimizzate
ottenute dalla
variazione
dei parametri,
applicati
a un box di
progettazione.
(Design:
AyimStudio,
2016)





07

Se le forze formatrici possono essere gli agenti che legano schema e struttura, l'ottimizzazione topologica può essere il principio della loro materializzazione. Con l'ottimizzazione topologica, utilizzando software che sfruttano processi di *simulation driven* [4], è possibile verificare come varia la forma della struttura al variare dello spazio di progettazione e delle forze applicate. Utilizzando come parametri di studio densità, vincoli, carichi e caratteristiche del materiale utilizzato, è possibile ottenere un vero e proprio atlante di configurazioni spaziali, che variano al variare di questi parametri [fig. 06].

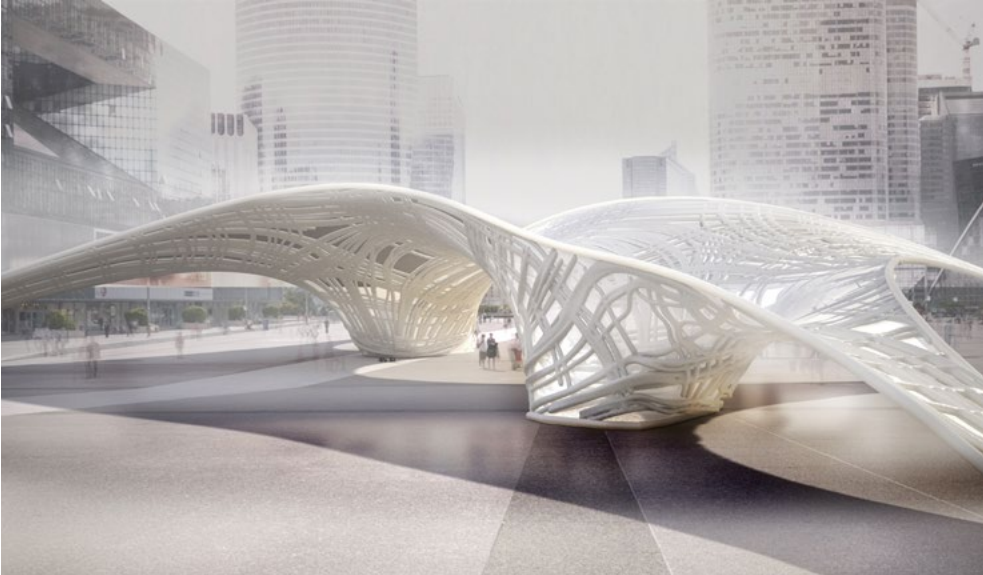
Etere rappresenta l'inizio di un percorso mirato a sviluppare esplorazioni spaziali finalizzate alla realizzazione di un'installazione architettonica, dove le forze applicate modellano la materia assumendo il ruolo di forze formatrici. Lo schema deriva dalla scelta di parametri come il

07
Etere-T1:
Studio delle fasi progettuali; dalla configurazione del sistema di vincoli e forze all'ottimizzazione topologica.
(Design: AyimStudio, 2017)



08

08
Etere-T1:
Prototipo di un organismo architettonico, realizzato in poliammide con tecnologia Selective Laser Sintering.
(Design: AyimStudio, 2017)



09

posizionamento di vincoli a terra, carichi, peso proprio dell'organismo e scelte spaziali tradotte in densità. Tale ricerca trova applicazione sfruttando plug-in di Rhino (Grasshopper+Millipede) che permettono di simulare come la materia, sottoposta a forze, si distribuisce all'interno di un box seguendo processi di ottimizzazione topologica [fig. 07] [fig. 08]. Vincoli, forze e densità diventano i parametri del sistema, i quali – relazionati da logiche progettuali spaziali – portano alla materializzazione di possibili morfologie che assumono come DNA evolutivo questi parametri. La materia si concentra nelle aree più sottoposte alle forze, generando parti ad alta densità e parti a bassa densità o nulla, definendo una gerarchia tra struttura e spazio. Le forze o meglio i loro diagrammi determinano come occupare lo spazio con la minor quantità di materia senza inficiare la staticità dell'organismo architettonico. Non si cercherà di definire quale struttura si possa meglio adattare a una data forma perché entrambe saranno il risultato di una reciproca influenza [fig. 09]. Il processo di ottimizzazione topologica mira a rendere la struttura più leggera e resistente possibile, individuando la disposizione migliore di materiale ed evitandone l'impiego non necessario, senza sacrificare la resistenza e sfruttando al meglio le risorse in visione di un modo di pensare ecologico dell'intero processo progettuale. I sistemi FDM (Fused Deposition Modeling), sia su Stampa 3D sia su Braccio Robotico, offrono la possibilità di stampare direttamente da modelli tridimensionali affiancandosi all'innovazione legata all'utilizzo dei materiali da costruzione

09
Etere-T2:
Esplorazione spaziale per un'installazione architettonica; geometria generata da operazioni di FormFinding e ottimizzazione strutturale



10

come carbonio, plastiche, cementi, metalli, avvicinando sempre di più l'interazione diretta tra le fasi progettuali e quelle costruttive.

Etere ha come scopo quello di generare sistemi architettonici che si adattino al luogo e sfruttino le risorse in modo ottimale in relazione alle caratteristiche ambientali, morfologiche, strutturali e materiche. Un sistema architettonico che vede spazio, struttura e materia interconnessi e interdipendenti, uniti da un linguaggio risultante che avrà una propria espressione estetica [fig. 10].

10
Etere-T1:
 Prototipo di
 un organismo
 architettonico,
 che vede spazio,
 struttura
 e materia
 interconnessi e
 interdipendenti

NOTE

[1] Il pensiero olistico, nato nel XVII secolo con il panteismo di Spinoza, è una posizione teorica basata sull'idea che le proprietà di un sistema non possono essere spiegate esclusivamente tramite le sue componenti.

[2] Nella teoria dei sistemi, l'auto-organizzazione è principalmente una forma di sviluppo del sistema attraverso influenze ordinanti e limitative provenienti dagli stessi elementi che costituiscono il sistema oggetto di studio e che permettono di raggiungere un maggior livello di complessità, esibendo proprietà emergenti.

[3] Il termine cibernetica ha indicato un vasto programma di ricerca interdisciplinare, rivolto allo studio matematico unitario degli organismi viventi e di sistemi sia naturali che artificiali, basato sugli strumenti concettuali sviluppati dalle tecnologie dell'autoregolazione, della comunicazione e del calcolo automatico, che sta alla base degli studi sull'intelligenza artificiale.

[4] L'ottimizzazione topologica è il processo matematico per ottimizzare la distribuzione del materiale, che sfrutta il processo di simulation-driven per generare processi di ottimizzazione.

REFERENCES

- Tohompson D'Arcy W., *Crescita e forma. La geometria della natura*, Torino, Boringhieri, 1969 (ed. or. **1917**), pp. 360.
- Focillon Henri, *Vita delle forme*, Torino, Einaudi, 1990 (ed. or. **1943**), pp. 134.
- Fuller R. Buckminster, *More Second Hand God*, Carbondale, Southern Illinois University Press, **1962**, pp. 145.
- Aristotele, *Metafisica*, in *Opere*, vol. VI, Roma-Bari, Laterza, **1973**, pp. 454.
- Fritjof Capra, *La rete della vita*, Milano, BUR-Rizzoli, 2005 (ed. or. **1989**), pp. 368.
- Otto Frei, *Finding Form*, Berlin, Edition Axel Menges, **1995**, pp. 240.
- Del Francia Marco, *Vittorio Giorgini*, Firenze, Angelo Pontecorboli Editore, **2000**, pp. 191.
- Lynn Greg, Rappolt Mark (a cura di), *Greg Lynn Form*, Bologna, Rizzoli, **2008**, pp. 204.
- Andrasek Alisa, *Biothing*, Paris, Frac Center, **2009**, pp. 144.
- Erioli Alessio, "Beyond Simulation", *DISEGNARE CON* n. 5, **2010**, pp. 63-82.
- De Toni Alberto, Comello Luca, Ioan Lorenzo, *Auto-Organizzazioni*, Venezia, Marsilio Editori, **2011**, pp. 279.
- Pawlyn Michael, *Biomimicry in Architecture*, London, Riba, **2011**, pp. 130.
- Achim Menges, *Computational Design Thinking*, New York, John Wiley & Sons, **2011**, pp. 224.
- Di Napoli Giuseppe, *I principi della forma*, Torino, Einaudi, **2011**, pp. 464.
- Oxman Neri, "Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design", *AD Architectural Design* n. 82, **2012**, pp. 88-95.
- Di Raimo Antonio, Francois Roche-Eresie, *Macchiniche e architetture viventi di New-Territories*, Roma, EdilStampa, 2014, pp. 94.
- Macapia Peter, "Un détail de ce qui change Function of a function", *AD Architectural Design* n. 230, **2014**, pp. 68-77.
- Martelloni Gabriele, *Comunicazione privata*, <https://scholar.google.it/citations?user=ukuYHMAAAAJ&hl=it> [30 aprile 2016]