

Università Iuav di Venezia  
Dipartimento di Culture del Progetto

**Quaderni della ricerca**



Università Iuav di Venezia – Dipartimento di Culture del Progetto  
Quaderni della ricerca

**direttore**

Carlo Magnani

**comitato scientifico**

Benno Albrecht, Renato Bocchi, Malvina Borgherini, Massimo Bulgarelli, Agostino Cappelli, Monica Centanni, Fernanda De Maio, Agostino De Rosa, Lorenzo Fabian, Paolo Garbolino, Sara Marini, Angela Mengoni, Davide Rocchesso, Alessandra Vaccari, Margherita Vanore

©2016 – MIM EDIZIONI SRL (Milano – Udine)

©2016 – UNIVERSITÀ IUAV DI VENEZIA

©2016 – The authors

[www.mimesisedizioni.it](http://www.mimesisedizioni.it)  
[mimesis@mimesisedizioni.it](mailto:mimesis@mimesisedizioni.it)

Via Monfalcone, 17/19 – 20099  
Sesto San Giovanni (MI)  
Phone: +39 02 24861657 / 24416383  
Fax: +39 02 89403935

ISBN MIMESIS 978-88-575-3772-6

ISBN DCP IUAV 978-88-942-0260-1

Per le immagini contenute in questo volume gli autori rimangono a disposizione degli eventuali aventi diritto che non sia stato possibile rintracciare

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento anche parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi

Materiale non riproducibile  
senza il permesso scritto degli Editori

I edizione: ottobre 2016

I  
- - -  
U  
- - -  
A  
- - -  
V

Università Iuav  
di Venezia



DURABILITÀ E PATRIMONIO  
TECNOLOGIA E RISORSE:  
CONFRONTO

MARIA ANTONIA BARUCCO

dcp

dipartimento di Culture del Progetto

 MIMESIS



# Indice

- 8 L'innovazione della tecnologia
- 16 Imprevisti ed innovazioni
- 22 Rivoluzioni di produzione e di prodotto
- 28 Rete e strumenti 4.0
- 36 Dinamiche ecosistemiche
- 44 Connessioni e saperi: la progettazione tecnologica
- 53 Bibliografia
  
- 56 English version



**tecnologia e risorse:  
confronto**



**L'INNOVAZIONE DELLA TECNOLOGIA**



Secondo Maria Chiara Torricelli il *building project management* declina il progetto come processo, programma e organizzazione mentre il *building system design* lo descrive come il sistema edilizio, che è prodotto industriale, sociale e culturale (Torricelli 2010). Facendo riferimento al *system design* è possibile interrogarsi sulle innovazioni che trasformano la tecnologia dell'architettura, sulle caratteristiche di prodotti da costruzione e processi costruttivi, oltre che sull'influenza reciproca delle esigenze dell'abitare e delle tecniche di produzione e di diffusione dei prodotti e dei processi. Lo studio dei prodotti, dei processi e dell'organizzazione e del pensiero non serve solamente a costruire un edificio, ma anche a realizzare quella ideale costruzione che è la descrizione di una storia delle tecniche e delle teorie, un passato utile alla prefigurazione delle opzioni di un possibile futuro all'insegna di quella che oramai è dichiaratamente la sfida del mondo attuale: la ricerca di un virtuoso equilibrio tra le attività produttive e le dinamiche dell'ecosistema naturale.

È possibile avviare questa analisi dalla definizione di edificio come "insieme integrato di prodotti edilizi organizzati che deve soddisfare alcune esigenze all'interno di vincoli ben precisi, nel rispetto di una disponibilità di risorse limitate all'interno di un contesto specifico" (UNI 10838:1993)<sup>1</sup>. La definizione si fonda sulla convinzione che ogni vincolo, risorsa e contesto costituisca un elemento chiave per l'individuazione delle necessità e delle domande degli utenti che, tradotte in requisiti, possono consentire lo sviluppo di nuove tecnologie, o la declinazione della tecnologie disponibili in funzione di nuovi edifici.

1. UNI 10838:1993 - Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia. La norma contiene i termini e le definizioni relative alla qualità edilizia nei suoi aspetti generali e in quelli specifici: ambientali, funzionali, spaziali, tecnologici, tecnici, operativi e gestionali.

**1. Il numero e la varietà delle innovazioni che si susseguono è difficile da stimare e spesso i modi e le forme di comunicazione delle novità sono tali da svilire i contenuti tecnici a favore di una moltitudine di *input*, a volte ridondanti. Mario Perniola descrive questa condizione come "caos comunicativo" (2004) che annulla la grandezza del contenuto attraverso una sorta di "prova di forza" che, grazie alla comunicazione, cerca la prevaricazione anziché il confronto. Tale dinamica può essere assimilata ad una forma di difesa delle reti di informazione del passato, che si oppongono all'innovazione insita nelle nuove dinamiche di relazione tra i portatori di interesse. Una via per superare tale difficoltà è riconoscere il valore delle fonti di legittimazione della comunicazione, riconoscere il valore del lavoro di chi analizza e interpreta. Questo è ciò che fanno le materiotecche: raccolgono l'innovazione di oggi e conservano memoria delle innovazioni della storia della tecnologia dell'architettura. Ogni narrazione, ogni materioteca, sviluppa connessioni, articola la rete di supporto delle innovazioni e definisce un proprio ruolo progettuale**

**Crdt: ArTec, Archivio delle tecniche e dei materiali per l'architettura e il disegno industriale. Sistema dei Laboratori dell'Università Iuav di Venezia**

Ogni nuovo insieme integrato di prodotti edilizi e di lavoro al fine di soddisfare esigenze è un nuovo progetto, un progetto che ricerca nuovi equilibri in relazione ad un contesto conosciuto, in relazione all'oggi, e prefigurato per il domani. Le soluzioni sono differenti di progetto in progetto, ciò è evidente se si guarda ad un arco temporale lungo: la tecnologia dell'architettura di ieri, oggi costituisce un patrimonio di competenze e un esempio di possibili risposte ad esigenze specifiche.

La variazione delle esigenze nello spazio e nel tempo dà origine a tecnologie che possono essere differenti o simili tra loro, ma che sono certamente in relazione ad un contesto specifico e in mutamento. Un nuovo prodotto, processo o approccio, anche se valido, se viene proposto in un contesto non pronto a riceverlo, non avrà la forza di trasformarsi da invenzione in innovazione, vale a dire che non verrà utilizzato, non avrà un valore d'uso tale da descriverlo come innovativo per il settore delle costruzioni. Nella definizione di innovazione va considerato anche il grado di novità, per determinare così l'innovazione radicale o incrementale, a seconda che si presenti come un'assoluta novità o come il miglioramento di una tecnologia già in uso (Mussi, 2011).

Nicola Sinopoli descrive gli aspetti che l'innovazione può assumere qualora faccia riferimento principale al prodotto o al processo: "l'innovazione può riguardare un prodotto o un processo: nel primo caso il risultato dell'innovazione riguarda gli oggetti materiali, la seconda quelli immateriali (e cioè le modalità di svolgimento di determinate operazioni e gli aspetti organizzativi e procedurali). Talvolta alcune innovazioni si manifestano al solo livello del prodotto, talvolta l'esistenza di un nuovo prodotto implica anche delle trasformazioni più o meno profonde del processo nel quale il nuovo prodotto si inserisce, talvolta ancora questi due tipi di innovazioni possono essere a tal punto legate tra loro, che può accadere che un prodotto innovativo debba richiedere una trasformazione dei processi in grado di realizzarlo e/o utilizzarlo e che questi a loro volta agiscano sulle caratteristiche dei prodotti, che alla fine del ciclo possono presentare ulteriori caratteristiche di novità" (Sinopoli, 2002).

In un periodo storico caratterizzato dalla dirompenza dei *media*, le parole di Nicola Sinopoli possono assumere ulteriori significati: il tema della sostenibilità ambientale investe in modo trasversale le attività dell'uomo e, analogamente, la sostenibilità è ragione di innovazioni sia di prodotto che di processo. L'obiettivo è la realizzazione di edifici e di città

che vadano oltre la classica definizione di sostenibilità data da Gro Harlem Brundtland<sup>2</sup> e si cerca cioè di costruire in modo tale che ogni persona e ogni parte dell'ecosistema Terra non soffrano per la mancanza di risorse. oggi e in futuro<sup>3</sup> (McDonough, 1992).

Vi sono innovazioni che propongono nuovi prodotti: impiegano materiali naturali per la realizzazione di parti degli edifici, come nel caso dei materiali isolanti, dei mattoni e delle lastre di rivestimento a base di scarti della lavorazione del mais e di miceli di fungo<sup>4</sup>. Vi sono innovazioni che sviluppano nuovi processi: l'impiego di robot in architettura è un tema di grande fascino e, sullo sfondo le utopie sviluppate da Archigram nella seconda metà del 1900, sono noti i progetti di Gramazio e Kohler<sup>5</sup> e le loro sperimentazioni volte a comprendere come i robot potranno essere strumento per l'innalzamento del livello di sostenibilità dei processi edilizi<sup>6</sup>.

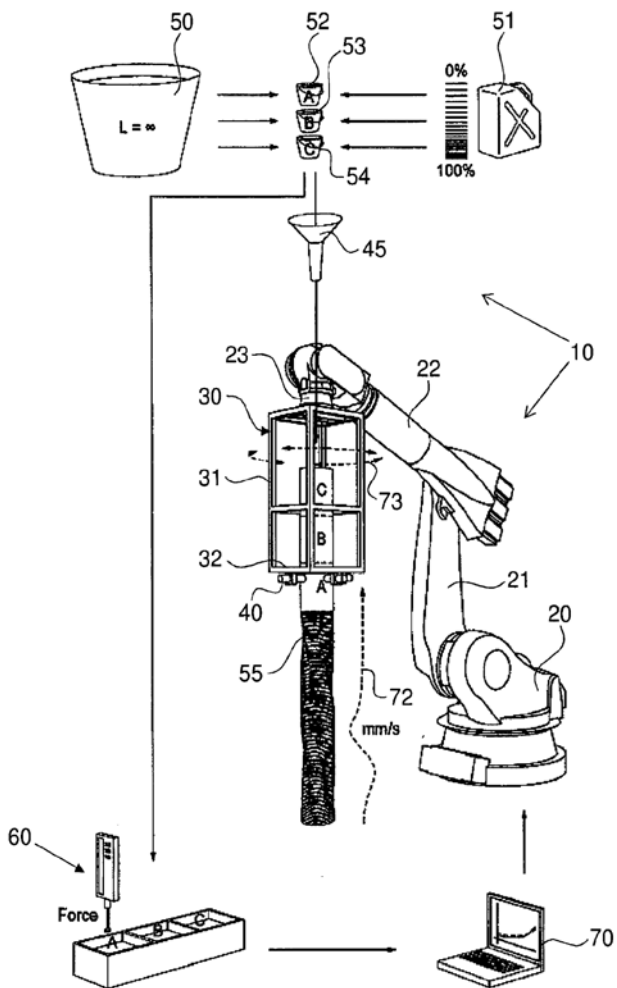
2. Il rapporto Brundtland, elaborato nel 1987, descrive l'urgenza di tutelare i bisogni fondamentali degli individui delle generazioni future: "lo sviluppo sostenibile, lungi dall'essere una definitiva condizione di armonia, è piuttosto un processo di cambiamento tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i cambiamenti istituzionali siano resi coerenti con i bisogni futuri oltre che con gli attuali" (Brundtland, 1987).

3. I principi di Hannover, redatti per la costruzione degli edifici per l'Expo del 2000, offrono la seguente definizione di sostenibilità: "The concept of sustainability has been introduced to combine concern for the well-being of the planet with continued growth and human development. Though there is much debate as to what the word actually suggests, we can put forth the definition offered by the World Commission on Environment and Development: «Meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs». In its original context, this definition was stated solely from the human point of view. In order to embrace the idea of a global ecology with intrinsic value, the meaning must be expanded to allow all parts of nature to meet their own needs now and in the future" (McDonough, 1992).

4. È il caso di Ecovative, un'azienda che lavora biomateriali. Grazie alla crescita controllata dei miceli di fungo è possibile realizzare un materiale simile ad una schiuma di polistirene o di polietilene. Con una tecnologia simile è possibile legare materiali sciolti, come ad esempio i trucioli di legno, per la realizzazione di pannelli truciolari laminati senza impiegare collanti tradizionali (con o senza formaldeide).

5. Come "Structural Oscillations" per la biennale di Venezia del 2008: un muro ad una testa di mattoni clinker che si sviluppa per una lunghezza di 100 metri e viene realizzato con una serie di moduli di 4 metri di lunghezza realizzati dall'unità mobile R-O-B: il posizionamento dei mattoni avviene seguendo un disegno oscillatorio che aumenta la stabilità della costruzione dato che ogni curva nei corsi inferiori della muratura è bilanciata da una curvatura contraria nei corsi superiori. È questo dinamismo che conferisce espressività alla costruzione (Gramazio, 2014).

6. I progettisti esplicitano questo approccio alla sostenibilità ambientale del costruito con lo slogan *make from less*. "If materially efficient building process are key factors for a sustainable development of the built environment, then robots with their unique constructive capacities must necessarily play



2. Una pagina del brevetto US 2015/367588 A1 firmato da Fabio Gramazio e Matthias Kohler con Robert Flatt e Ena Lloret Kristensen: un braccio meccanico e uno speciale dispositivo per il getto del calcestruzzo consentono di realizzare strutture dall'andamento verticale e sinuoso grazie ad una serie di spostamenti programmati sul piano orizzontale in relazione con l'elevazione del getto in verticale. Al braccio robotico è agganciata una bocca dalla quale esce il calcestruzzo, la forma di tale apertura può variare e quindi è possibile realizzare pilastri o pareti con differenti tipologie di sezione orizzontale. Il brevetto chiarisce che il getto avviene in modo continuo, senza interruzioni dovute al riposizionamento della cassaforma per lo spostamento dell'asse verticale, per le traslazioni sull'asse orizzontale o per variare la sezione della cavità. Crdt.: il brevetto US 2015/367588 A1 è di libera e gratuita consultazione.

La complessità di tali innovazioni, di prodotto e di processo, necessita di essere spiegata per superare le usuali barriere che il settore edile pone a ciò che esula dal «saper fare» tradizionale; è necessario inoltre descrivere la valenza di tali novità in funzione di un'auspicata sostenibilità ambientale. Tendere alla sostenibilità delle costruzioni significa anche riscoprire tecniche passate o valorizzare prodotti già disponibili che, alla luce di nuove esigenze, crescono di valore (vengono valorizzate le pratiche artigianali e le tecnologie locali); anche in questo caso è necessaria una corretta informazione di tutti i portatori d'interesse. Il valore di prodotti e di processi innovativi è influenzato dal contenuto, dal tipo e dalla forma delle informazioni che li accompagnano; ciò porta alla definizione di innovazione semantica (del significato)<sup>7</sup>, da affiancarsi all'innovazione di prodotto e a quella di processo, in quanto parimenti rilevante al fine dell'innovazione nel settore delle costruzioni.

La definizione di perimetri dell'innovazione è funzionale a comprendere l'articolazione e gli ambiti di sviluppo delle ricerche di tecnologia, ma è anche una forte semplificazione perché ogni innovazione di prodotto, di processo o di significato ha influenza anche negli altri ambiti. Fare cose nuove (innovare) è essa stessa un'azione assimilabile ad un processo che, come tutti i processi, è frutto di attività quali la produzione e la trasformazione. Una particolarità contraddistingue l'innovazione dagli altri processi: il principale oggetto in produzione e trasformazione è la conoscenza. I processi di innovazione generano nuovi blocchi di conoscenza, li connettono tra loro e li trasformano in prodotti innovativi. In una produzione le materie prime e le risorse possono essere costose ma sono sempre relativamente facili da reperire e inserire in un processo di trasformazione; la conoscenza, invece, è difficilmente acquisibile attraverso transazioni di puro mercato.

*a central role* (Gramazio, 2014). Nel progetto "Rubble Aggregations", ad esempio, il robot assembla una struttura componendo macerie da demolizione di una precedente costruzione in cemento armato: il robot individua, scansiona e calcola la posizione reciproca di ogni frammento utile a realizzare una nuova struttura che prende forma in breve tempo.

7. Se è possibile distinguere le innovazioni che più prettamente coinvolgono il prodotto da quelle che riguardano il processo, è possibile allora individuare anche le innovazioni che vanno ad influire grandemente sul significato che il prodotto o il processo hanno quando vengono spiegati ed illustrati in virtù dell'esigenza di sostenibilità. Il prodotto che è in una posizione vantaggiosa sul mercato in virtù di un forte valore semantico può avere funzioni o costi paragonabili rispetto a beni simili, ma soddisfa in misura superiore una serie di esigenze di altro tipo. Il prodotto, più che "funzionare meglio", ha "più senso", cioè incontra meglio i valori del modello socio-culturale legato alla sostenibilità (Barucco, 2014).

Ogni progetto che si avvale di tecnologie, di strumentazioni e procedure avanzate, che rendono più agile il modo di operare, può essere considerato un'innovazione. La robotica, l'informatica, la biologia, l'elettronica (e non solo) sono settori di studio e di innovazione dalle virtuose interferenze con il progetto: aggiungono livelli di conoscenza. È scorretto arrendersi all'idea che la progettazione si stia adeguando alla fuga in avanti di alcuni settori della ricerca e del sapere dell'uomo; al contrario, va ricercato un nesso dialettico tra il progetto e le innovazioni sviluppate al di fuori dell'ambito edilizio perché, nella costruzione, ogni innovazione ha ragion d'essere esclusivamente in relazione al suo valore d'uso e questo contribuisce ad integrare nell'architettura le più differenti innovazioni. È l'uso di un prodotto o di un processo, come di una conoscenza, che trasforma un'idea (una buona idea) in un'innovazione.

Proprio questo «valore d'uso» è la chiave per comprendere i possibili prossimi sviluppi della tecnologia e delle innovazioni. Negli anni '70, gli anni della riforma dell'università, si ragionava sul valore fondante la tecnologia dell'architettura, il corso di elementi costruttivi divenne il corso di tecnologia dell'architettura: Marco Zanuso esplicitava che i contenuti scientifici e i contenuti politici del suo corso presso il Politecnico di Milano erano dichiaratamente volti all'obiettivo didattico di sviluppare una "istruzione all'uso, il più possibile spregiudicato ed eventualmente inedito, degli strumenti tecnici esistenti"<sup>8</sup> (Zanuso, 1970). Il valore d'uso dei prodotti innovativi è quindi da ricercare attraverso sperimentazioni inedite e spregiudicate che fanno del progettista laico, senza pregiudizi o affezioni, l'attore di un percorso di miglioramento continuo del costruito e del proprio lavoro.

È difficile da descrivere l'insieme delle innovazioni e dei prodotti innovativi offerti dalla tecnologia dell'architettura. Le pubblicazioni del SAIE bolognese, che hanno accompagnato per decenni l'evoluzione del settore produttivo delle costruzioni, possono offrire uno spaccato delle evoluzioni e delle innovazioni grazie alla loro attenzione non solo alla diffusione delle novità del settore, ma anche al dibattito tra ricerca, produzione e progetto (Rossetti, 2010)<sup>9</sup>.

8. Estratto da Crespi L., Schiaffonati F., *L'invenzione della tecnologia. Il processo di costruzione disciplinare della tecnologia dell'architettura*, Alinea 1990. In questo libro vengono riportati brani del documento Crespi R., Fiori L., Seassaro A., Zanuso M., *Proposta per la definizione di "un'area di ricerca tecnologica" nella Facoltà di Architettura di Milano*, 1970.

9. Si ricorda la serie di cataloghi *Guida alle novità* edita dal SAIE tra il 2004 e il 2010: è esplicito il desiderio del Comitato Tecnico di classificare i prodotti nuovi e innovativi e le loro caratteristiche

Più recente, l'incremento del commercio estero e l'ampliamento delle comunicazioni<sup>10</sup> hanno favorito l'aumento del numero delle proposte innovative, a questo fa da contraltare la crisi del settore immobiliare italiano (ma non solo italiano): tali sono le prime ragioni che mettono in discussione l'esistenza stessa delle fiere del settore edile, che faticano a contenere il caleidoscopico mondo dei prodotti e dei processi legati alla progettazione, alla costruzione e al mantenimento in uso e demolizione degli immobili. Il conto dei brevetti può consentire una stima approssimata del numero delle innovazioni ma non descrive la ricchezza e la varietà di soluzioni; probabilmente sono le materiotecche il principale strumento per conoscere le potenzialità e gli usi delle innovazioni in edilizia. Ogni piccola o grande realtà registra rivoluzioni e fasi di sviluppo del settore edile, la descrizione accresce la consapevolezza dell'articolato confronto tra progettisti, costruttori e utenti. Ogni materioteca, meglio se di libera e gratuita consultazione, rappresenta una porta sul patrimonio di innovazioni che è oggetto di studio della tecnologia e la rete (non necessariamente formalizzata) degli archivi materiali e digitali offre una chiave di lettura e consente di non imporre confini a chi ricerca l'innovazione degli strumenti materiali ed immateriali del costruire.

tecnico-prestazionali in relazione a temi chiave quali la sostenibilità, l'efficienza delle lavorazioni in cantiere, la manutenzione e il contributo all'innalzamento della qualità del progetto. Questa serie di cataloghi è frutto della collaborazione ArTec, Archivio delle tecniche e dei materiali per l'architettura e il disegno industriale, materioteca del sistema laboratori dell'Università IUAV di Venezia, e SAIE, Salone Internazionale per l'Industrializzazione Edilizia.

10. Sempre più mirate, grazie ai moderni sistemi di analisi dei dati supportati dalla rivoluzione informatica.



**IMPREVISTI ED INNOVAZIONI**



Nassim Nicholas Taleb, ricordando Giovenale<sup>1</sup>, definisce “Cigni neri” gli eventi che rendono improbabile (se non impossibile) il governo della nostra vita, dell’economia e della storia tutta. I Cigni di Taleb influenzano le mode, le epidemie, le manie, le idee, le correnti artistiche, etc. e possono avere risvolti negativi o positivi.

Un Cigno nero è un evento raro, di enorme impatto e imprevedibile; col senno di poi viene compreso nella sua origine e nel suo sviluppo, ma non viene previsto mai prima che ne si avvertano le conseguenze. Un Cigno grigio è anch’esso un evento raro e importante ma, a differenza di un Cigno nero, può essere in qualche modo previsto da chi è preparato e ha gli strumenti per capire cosa sta accadendo, perciò può essere gestito con razionalità, anche se con difficoltà.

Ciò che accomuna le due «specie» è il loro stretto legame con la casualità che governa il mondo; un Cigno è tanto più nero quanto più è importante ciò che non si sa rispetto a ciò che si sa, quindi la differenza tra i due «esemplari» sta nella misura in cui vengono considerati imprevisi i fatti, le scelte e le esigenze legati ad essi. Guardando alla storia delle costruzioni in Italia dal secondo dopoguerra ad oggi, si possono individuare (con coscienza retrospettiva) vari Cigni.

La devastazione del patrimonio edilizio generata dal secondo conflitto bellico mondiale e l’emergenza abitativa della ricostruzione sono certamente un Cigno nero per chi ha perso la casa sotto i bombardamenti. Per chi, al governo, compie le scelte che orientano lo sviluppo del conflitto e determinano le politiche per il bene della nazione, questa crisi avrà un carattere ben più facilmente misurabile, anche a priori, e potrà essere considerata un Cigno grigio. Dopo la fine della guerra, l’Italia è prostrata e l’economia è latente. Il numero degli edifici distrutti durante alcuni dei bombardamenti dal 1942 al 1944 può essere esemplificativo della devastazione: Milano subì un solo bombardamento nel 1942, furono

1. Giovenale, tra il 50 e il 60 d.C., denunciava la corruzione morale della società romana con la sua satira. Parlando della fedeltà coniugale di mogli probe come Penelope, la moglie di Ulisse, disse che questa era una cosa rara come un cigno nero: *rara avis in terris, nigroque simillima cygno* (Giovenale, Satire, VI, 165).

**1. “Su un pianeta ridotto dai nuovi media alle dimensioni di un villaggio, persino le città appaiono strane ed eccentriche, forme arcaiche già ricoperte da nuovi modelli di cultura” (McLuhan, 1964). Oltre alle città, anche l’ambiente naturale e le politiche nazionali sono temi di confronto e dibattito a livello mondiale. Questa immagine satellitare mostra la deforestazione nello stato di Haiti: è ben visibile il confine tra Haiti (a sinistra, priva di vegetazione) e la Repubblica Dominicana (a destra), l’immagine è simbolo del dibattito internazionale in merito alla conservazione del patrimonio naturale**

**Crtd: fotografia creata dalla Nasa, scattata dal telescopio spaziale Hubble, documento di pubblico dominio**

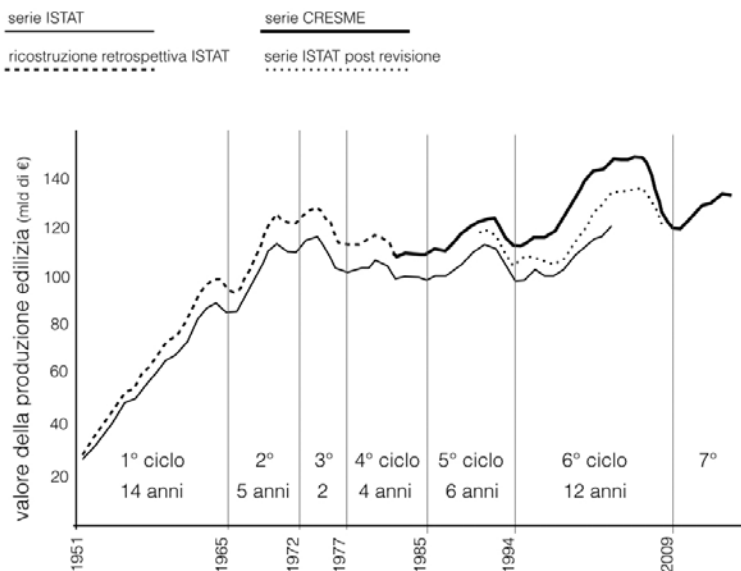
distrutti 470 edifici. Nello stesso anno Genova fu colpita sei volte, 1.250 edifici di vario genere furono distrutti. Torino subì sette bombardamenti in cui furono distrutti 142 ettari di superficie edificata e circa 1.950 abitazioni. La stagione di ripresa viene accompagnata dal Piano Fanfani (la legge n.43 del 28 febbraio 1949)<sup>2</sup> e la scelta di fondare la ripresa economica sull'edilizia trova fondamento su una serie di considerazioni, in primo luogo il fatto che il settore edile non era soggetto ad importazioni e non richiedeva alte tecnologie ma molta manodopera indifferenziata. La popolazione mostra, da un lato, la profonda delusione della sconfitta e, dall'altro lato, il desiderio di rinascita ed è su questo desiderio di rinascita che si fonda quello che il Cresme (Centro ricerche economiche e sociali del mercato dell'edilizia) identifica come il primo ciclo edilizio (AA.VV., 2012). È in questo periodo che si salda lo stretto legame tra l'andamento del settore edile e l'economia: fu un Cigno nero per la gran parte degli italiani e un (auspicato) Cigno grigio per chi, osservando il quadro generale, studiava la storia, l'architettura e l'economia della nazione e compiva scelte, per favorire la ripresa.

Il Cresme, dopo quello della ricostruzione postbellica, individua altri successivi cicli edilizi: anche questi sono Cigni, grigi o neri a seconda che ci si soffermi sui dettagli o sul quadro generale di situazioni articolate e complesse, sempre difficilmente prevedibili (e, in ogni caso, prevedibili solo in parte). I motori di tali cicli sono il *boom* immobiliare, il *boom* demografico e la crescita della spesa; tale scenario rimane invariato sino al quinto ciclo (anni '80), quando l'abitazione è chiamata ad esprimere con forza lo *status* sociale dei suoi proprietari. Il sesto ciclo edilizio è spinto dalla finanziarizzazione del mercato immobiliare e la più recente crisi del settore edilizio è in parte motivata dallo sviluppo del mercato in questa direzione.

Le discontinuità registrate dal settore edile italiano sono frutto di un accumulo di fatti e questioni e di una progressione di consapevolezza, di esigenze. Seguire le indicazioni di Taleb per la comprensione delle dinamiche che sono causa e conseguenza dei Cigni costringe però a considerare il settore edile italiano un «dettaglio» in un contesto più ampio.

Se si guarda alle innovazioni tecnologiche che hanno determinato lo sviluppo delle strut-

2. Legge 28 febbraio 1949, n. 43. Provvedimenti per incrementare l'occupazione operaia, agevolando la costruzione di case per lavoratori (GU Serie Generale n. 54 del 7-3-1949).



**2. Serie cicliche di investimenti in edilizia registrate dal 1951 al 2016: le sette onde individuate dal Cresme descrivono l'andamento del mercato delle costruzioni italiano. L'attuale scenario economico presenta segni di uscita dalla recessione, restano però forti gli elementi di incertezza connessi alle dinamiche internazionali quali il rallentamento della crescita delle economie emergenti (come la Cina) e le incertezze legate alla tenuta delle borse. Però, nel 2015, il Cresme si dice fiducioso nei confronti dell'avvio del settimo ciclo edilizio italiano, sull'onda della quarta rivoluzione industriale, che porterà nuove opportunità e nuove competenze anche nel mercato delle costruzioni (è questa la direzione che il Cresme suggerisce per la definizione le proprie strategie d'impresa).**

**Crdt: grafico rielaborato a partire da quanto proposto dal Rapporto Cresme del 2012.**

ture in acciaio, l'impiego del calcestruzzo e la ricerca dell'efficienza energetica, anche i cicli descritti dal Cresme cambiano di rilevanza: il quadro di riferimento utile a comprendere le potenzialità dei Cigni neri ha dimensione globale, non nazionale. La vastità del contesto di riferimento dei Cigni determina l'atteggiamento di chi è in grado di sfruttarne le opportunità: "non bisogna soffermarsi sui dettagli" (Taleb, 2009) che caratterizzano lo *standard* durante i periodi di quiete, che sono limitati nel tempo e nello spazio.

Osservando il grafico proposto dal Cresme, considerando la rilevanza dei vari cicli e ricordando che non bisogna soffermarsi sui dettagli, si può notare che il primo ciclo edilizio mostra un più lungo periodo di crescita, i successivi sono più rapidi sia nella crescita che nella decrescita. Ciò che differenzia il primo ciclo dai successivi è la sua portata: a seguito dei conflitti bellici molta parte dell'Europa era oggetto di ricostruzione, non solo l'Italia. Così, probabilmente, sarà anche per il settimo ciclo (che stiamo vivendo), supportato globalmente dagli utenti che definiscono la qualità in relazione alla sostenibilità ambientale, economica e sociale del costruito. È tale scala globale che determina la rilevanza e l'imprevedibilità del Cigno per il settimo ciclo Cresme del settore edile (per alcuni, che sapranno comprenderlo, sarà certamente un Cigno positivo).

Un altro atteggiamento che consente di trarre benefici dalla teoria delle catastrofi (Tonietti, 2002), come dall'avvicinarsi dei Cigni, è il concentrarsi su ciò che non sappiamo ancora, "sui libri non letti" (Taleb, 2008), e non considerare la conoscenza come un tesoro ma come oggetto di ampia condivisione. Concentrarsi sui libri non letti significa riconoscere che ciò che non si sa ha una grande rilevanza, molto maggiore di quella che hanno tutte le conoscenze che ciascuno di noi può individualmente acquisire nell'arco di una vita. Significa considerare "la biblioteca come strumento di lavoro", senza cadere ne "l'angoscia della conoscenza" (Eco, 2006) e ammettere che "il Cigno nero nasce dalla nostra incompienza della probabilità di sorprese, di quei libri non letti, perché prendiamo troppo sul serio ciò che conosciamo" (Taleb, 2008). In virtù di questo atteggiamento è possibile dare una definizione di architettura<sup>3</sup> o, meglio, spostare il baricentro di ciò che

3. Taleb definisce "antibiblioteca" la biblioteca nella quale i libri non letti hanno più importanza di quelli non letti; "antistudiosi" coloro che danno più importanza a ciò che deve essere ancora studiato; "anticurriculum" la descrizione di sé in funzione di ciò che non si sa e non si è ancora fatto. Probabilmente Taleb chiamerebbe "antiarchitettura" ciò che viene descritto con questa definizione di Tam Associati.

ha rilevanza ai fini del progetto da ciò che si sa a ciò che si può imparare nel dialogo costruttivo con persone e luoghi: “architettura come atto di cura, come capacità di ascolto dei bisogni di una comunità e di un territorio, come tecnica di gestione sostenibile delle risorse, come risposta creativa a problemi complessi con soluzioni semplici” (Studio Tamassociati, 2016).

Se gli eventi rari diventano pericolosi Cigni neri quando il divario tra ciò che si sa e ciò che si crede di sapere diventa troppo ampio, è necessario capire che ciò che è di nostro dominio è solo una piccola parte in un contesto molto più ampio. Tanto più se consideriamo che l'aumento di complessità del nostro mondo è causa e conseguenza delle tecnologie che ci consentono di essere dovunque in qualunque momento. La globalizzazione intensifica gli effetti di rete e sviluppa relazioni e interdipendenze non solo a livello economico ma anche sociale, culturale, industriale, etc. “Evidentemente gli eventi geodetici e quelli climatici (come uragani e terremoti) non sono cambiati molto nell'ultimo millennio, ma sono cambiate le loro conseguenze socioeconomiche. Oggi un terremoto o un uragano produce effetti economici molto più gravi che in passato a causa delle relazioni di interdipendenza tra entità economiche diverse e dell'intensificazione degli «effetti di rete» [...]. Fenomeni che in passato producevano effetti limitati hanno oggi un impatto enorme” (Taleb, 2008). Le fonti dei Cigni neri sono aumentate in quanto sono aumentati a dismisura i nodi delle reti che ci collegano agli altri, la lettura dei cicli identificati dal Cresme può dunque sfruttare questa consapevolezza per calibrare una nuova unità di misura per la definizione stessa di «ciclo edilizio». Osservando il grafico e guardando alla storia è possibile riconoscere una somiglianza tra il primo e il settimo ciclo edilizio: essi fondano la propria rilevanza su qualche cosa che è al di fuori del mercato italiano e fanno sì che ciò che accade in Italia sia solo una piccola parte di trasformazioni più ampie e su più vasta scala (su scala europea per quanto riguarda il primo ciclo; mondiale, il settimo).



**RIVOLUZIONI DI PRODUZIONE E DI PRODOTTO**

Ampliare il campo d'indagine oltre i cicli del Cresme e ragionare sulle innovazioni nel settore delle costruzioni non è cosa semplice, ma guardare alla storia delle innovazioni nel campo delle costruzioni e agli anni fondanti la disciplina della tecnologia dell'architettura può essere un modo per affrontare le sfide legate ai Cigni attuali e futuri. "La scoperta della presenza, nel corso della storia, di tempi ciclici, che si susseguono ad intervalli regolari, scandendone il ritmo, esercita, su chi la compie, un fascino inquietante ma irresistibile, che appaga la fatica di lavorare su materiale spesso di difficile decifrazione," (Crespi, 1990). Tali cicli, onde o periodi hanno andamenti simili ma ampiezze, pulsazioni e fasi differenti, influenzano svariati ambiti del sapere e vengono registrati in relazione a differenti parametri (il Pil, il numero di brevetti registrati, il prezzo del petrolio, la crescita del valore degli investimenti in edilizia, ...). Ciò consente di enfatizzare cosa caratterizza l'oggi: l'ampiezza del campo d'indagine. Forse è solo un'illusione che crescite e crisi scandiscano la storia di territori e culture, ma rimane la certezza che oggi stiamo assistendo ad una sincronizzazione su scala mondiale della percezione dei Cigni neri o grigi, positivi o negativi, delle crisi e delle rinascite. L'andamento ciclico porta all'assunto «ad ogni crisi segue una rinascita» e fonda la speranza che, con un'analisi retrospettiva, si trovino le risorse per far fronte alle rivoluzioni del futuro, come nella conclusione delle *Memorie di Adriano* di Marguerite Yourcenar<sup>1</sup>. Questo assunto, in un periodo di crisi economica dall'estensione globale, è un *tantra* di

1. "La vita è atroce; lo sappiamo. Ma proprio perché aspetto tanto poco dalla condizione umana, i periodi di felicità, i progressi parziali, gli sforzi di ripresa e di continuità mi sembrano altrettanti prodigi che compensano quasi la massa immensa dei mali, degli insuccessi, dell'incuria e dell'errore. Sopravverranno le catastrofi e le rovine; trionferà il caos, ma di tanto in tanto verrà anche l'ordine. La pace s'instaurerà di nuovo tra le guerre; le parole umanità, libertà, giustizia ritroveranno qua e là il senso che noi abbiamo tentato d'infondervi. Non tutti i nostri libri periranno; si restaureranno le nostre statue infrante; altre cupole, altri frontoni sorgeranno dai nostri frontoni, dalle nostre cupole; vi saranno uomini che penseranno, lavoreranno e sentiranno come noi: oso contare su questi continuatori che seguiranno, a intervalli irregolari, lungo i secoli, su questa immortalità intermittente. Se i barbari s'impadroniranno

**1. Fotografia scattata da Lewis Wickes Hine nel 1931: ritrae degli operai al lavoro per la costruzione dell'Empire State Building. Si notino, in particolare, i tre uomini sulla destra: il primo riceve (al volo) un rivetto reso incandescente su di una piccola fornace, i secondi due sono intenti a bloccare e ribattere il rivetto caldo dopo averlo fatto passare nei fori predisposti per la giunzione del nodo trave-pilastro. L'Empire State Building, oltre ad essere un simbolo della crisi del '29 e del successivo sviluppo economico, è anche una testimonianza delle innovazioni tecnologiche che hanno influenzato l'evoluzione della tecnologia e della progettazione tutta.**

**Crdt.: The Miriam and Ira D. Wallach Division of Art, Prints and Photographs: Photography Collection, presso la New York Public Library (digital collection: [www.digitalcollections.nypl.org](http://www.digitalcollections.nypl.org)).**

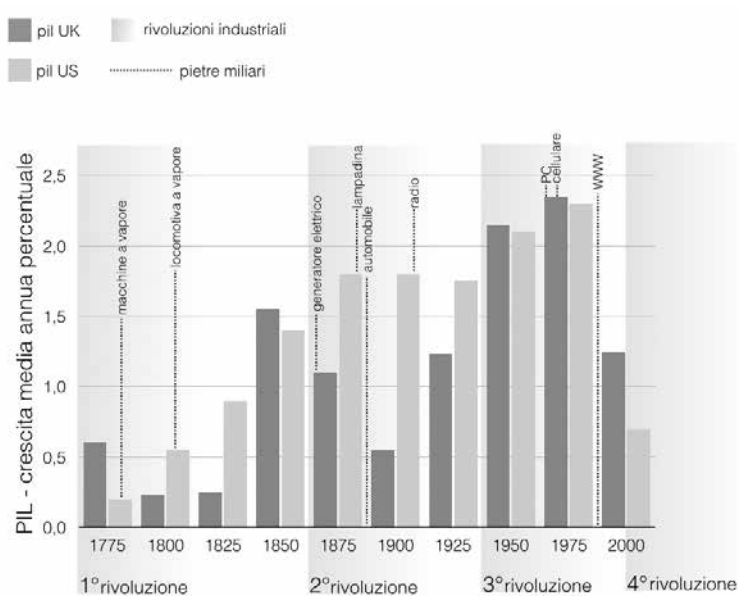
molte pubblicazioni dedicate ad analisi economiche; *tantra* forse eccessivamente ottimistico ma “è possibile [...] che dall'ideologia della rivoluzione [...] si debba passare all'utopia che, nei momenti più difficili della storia, qualche risultato ha pur conseguito” (Rossi, 2010). In questo si accetta che l'utopia sia un contagio, si ricerca la concordanza di fronte ad un progetto dalla portata che giustifichi la definizione di “rivoluzione”, si fronteggiano le sfide per la progettazione e la progettazione tecnologica.

Delle ciclicità vengono spesso sottolineati settori economici, industrie o addirittura politiche e nazioni «vincenti» e «perdenti»; la differenza tra queste due fortune si basa sul legame con i vecchi ambiti di crescita, surclassati da nuove tecnologie che si affermano inesorabilmente con brusche variazioni o attraverso l'accumulo di cambiamenti incrementali. Durante la ricostruzione postbellica, in Italia si registrò il successo dell'impiego del calcestruzzo armato e dei laterizi forati, queste tecnologie ne surclassarono altre, di precedente utilizzo. Le pubblicazioni Italsider al fine di promuovere nel nostro Paese l'impiego di profilati a caldo o formati a freddo in acciaio non ottennero i favori del mercato e non riuscirono a competere con l'impiego del calcestruzzo gettato in opera. Nonostante le ricerche e gli entusiasmi di molti, la prefabbricazione non si diffuse mai efficacemente al fine di realizzare costruzioni civili ma rimane ancora oggi una soluzione d'eccellenza per la realizzazione di edifici per la produzione industriale. Prodotti «vincenti» e prodotti «perdenti»: nuovi ambiti di crescita, soluzioni difficilmente praticabili, applicazioni sperimentali, ... tutti analizzati in relazione alle tendenze del «prima» (prima dell'innovazione, prima della crisi) e tutti valutati (anche dal punto di vista economico) in base a quelli che si prefigurano come le esigenze e i motori della crescita del «dopo». Prodotti, produzione e un numero di «prima e dopo» che, solitamente, vengono riconosciuti come rivoluzioni tecnologiche, e rivoluzioni industriali.

In merito al numero di queste rivoluzioni, esistono due scuole di pensiero: alcuni indicano che ci troviamo nel bel mezzo della terza rivoluzione industriale, altri parlano ormai della quarta rivoluzione. Un campo d'indagine tanto ampio per la ricerca, per l'industria, l'economia e la società (oltre che per la tecnologia e il progetto), necessita di generalizzazioni e conferma la tendenza umana alla ricerca di forme pure e ben definite. Il rischio sta nel «confondere la mappa con il territorio» (che è ben più complesso della prima), il van-

mai dell'impero del mondo, saranno costretti ad adottare molti dei nostri metodi; e finiranno per rassomigliarci” (Marguerite Yourcenar, Memorie di Adriano - Patientia).





2. Il grafico riporta le variazioni di PIL procapite ogni 25 anni e a partire dal 1760, le colonne identificano i dati relativi alla Gran Bretagna e agli USA. Le campiture sfumate aiutano a riconoscere le rivoluzioni tecnologiche: siamo alle soglie della terza rivoluzione industriale (secondo la visione Smittina dell'economia) o della quarta (seguendo un approccio Keynesiano): in ogni caso, è possibile pensare che si avrà una ricollocazione di competenze, ingegno ed energia che aprirà a nuove forme di produzione ma anche di progetto e di costruzione e gestione degli immobili.

Crdt.: grafico rielaborato a partire dai dati offerti dal The Economist nel report di ottobre 2014.

taggio sta nella possibilità di offrire una narrazione che (come una traduzione<sup>2</sup>) può essa stessa essere valutata criticamente in funzione delle sue concordanze con una scuola di pensiero piuttosto che con un'altra.

Chi conta tre rivoluzioni industriali è spesso confortato da una visione di tipo Smittiano. Adam Smith, nel 1776, pubblica "La ricchezza delle nazioni". È uno dei testi di riferimento per l'economia liberale, insegna ad individuare tre fattori chiave per lo sviluppo della produttività: il lavoro, il capitale e la terra. In quest'ottica, la prima rivoluzione ha registrato un incremento di produttività grazie al lavoro umano, la seconda rivoluzione industriale è legata al capitale e oggi, dopo lo scoppio della bolla dei mutui *subprime*, dovremmo essere alle soglie di una rinascita economica in virtù di una nuova accezione, di un nuovo valore e di una nuova produttività riconosciuta alla terra. Questa terza rivoluzione industriale amplia la definizione di Smith e include nel termine «terra» tutto ciò che si relaziona con la gestione delle risorse naturali (Heck, 2014).

Chi conta quattro rivoluzioni industriali tiene in maggiore considerazione la domanda rispetto alla produzione, questa visione viene detta di tipo Keynesiano. Riflettendo sul crollo di Wall Street del '29, John Keynes pubblica la sua "Teoria generale dell'occupazione, dell'interesse e della moneta" (1936) e sottolinea che, in alcune circostanze, è necessario l'intervento statale a sostegno della domanda e per facilitare l'aumento di consumi, investimenti ed occupazione. Concordando con Keynes, la prima rivoluzione tecnologica e industriale viene identificata con la macchina a vapore (industria tessile), la seconda con il petrolio e l'elettricità (industria meccanica), la terza con lo sfruttamento dell'energia nucleare, con lo sviluppo di economie a scala mondiale e con le innovazioni nel settore delle telecomunicazioni. Siamo dunque alle soglie della quarta rivoluzione, riconoscibile nella sorprendente crescita del volume di dati e nella potenza di calcolo delle nuove forme di interazione tra uomo e macchina; a fronte della domanda di sostenibilità, quanto prodotto dalla natura e i beni frutto del lavoro dell'uomo vengono misurati con una nuova scala di valori (globale) e molta parte dell'industria si orienta verso la valorizzazione di

2. Gianfranco Folena, in un'intervista rilasciata a La Repubblica nel 1991, spiega che tradurre è necessario, che ogni civiltà nasce da una traduzione e che il concetto di traduzione non è scindibile da quello di interpretazione. Un'interpretazione che, a tutti gli effetti, è un salto verso un differente universo culturale e verso nuovi sistemi di riferimento; perciò è equiparabile ad una narrazione (Lilli, 1991).

beni o aspetti immateriali del lavoro (si parla di realtà aumentata, di robotica avanzata...) (Schwab, 2016).

La quarta rivoluzione industriale, come le precedenti, ha cause e conseguenze in temi chiave per lo sviluppo sociale; le ripercussioni nell'ambito della produzione si possono riassumere con lo sviluppo dell'automazione legata all'introduzione dei sistemi informatici nel mondo del lavoro e, più in particolare, della produzione. È un tema sempre più spesso trattato dagli economisti e, di recente, è stato oggetto di indagini e campagne di informazione anche sul territorio italiano (Il Sole 24 ORE, 2015), emerge anche il dibattito nel merito del grado di innovazione insito nell'introduzione dell'*Information Technology*. Saranno possibili Cigni neri e Cigni grigi in vari settori produttivi ed ambiti lavorativi; anche l'edilizia sarà campo d'applicazione di strategie legate all'analisi dei *big data* e di tecnologie avanzate quali la robotica.

Ritornando alle ricadute che queste rivoluzioni hanno sulla tecnologia, sull'innovazione e sul progetto, ci si può sentire in difficoltà nel contare i picchi positivi e negativi del PIL o i grafici che descrivono l'andamento dei prezzi (attualizzati o non) dei beni che fanno da termometro dell'economia di una o più nazioni. Altrettanto complesso, è lo studio del pensiero legato a queste vicende. Però parlare di rivoluzioni industriali dal punto di vista della tecnologia può dare un vantaggio pratico: difficilmente un'innovazione nella tecnologia dell'architettura è identificata esclusivamente come qualche cosa di nuovo che surclassa qualche cosa di vecchio. Nella maggior parte dei casi l'evoluzione tecnologica, ci pone come "nani sulle spalle dei giganti" (Riemen, 2006); procede per innovazioni incrementali che vanno nella stessa direzione per dare riposta a stati di crisi generati dall'incapacità delle tecnologie disponibili di rispondere a mutamenti del mercato, delle esigenze dell'utenza o dall'emergere di nuovi mercati.



**RETE E STRUMENTI 4.0**

inesorabili

L'insieme delle innovazioni tecnologiche legate alle nuove forme di relazione tra il progetto e la produzione è detto «4.0»<sup>1</sup>; l'industria 4.0 è caratterizzata da produzione di materiali, sistemi e componenti in settori fortemente aperti alle innovazioni dell'informatica, come possono essere quelli che necessitano di produzioni di alta precisione. Si può parlare di 4.0 relativamente alla tecnologia dell'architettura anche se non sempre, guardando al cantiere, si nota tale innovazione: si può ipotizzare che sia la complessità del processo edilizio a «nascondere» le innovazioni nelle singole fasi che lo compongono, ma non per questo esse sono meno importanti.

L'avvicinamento del 4.0 al mondo della progettazione e della costruzione è frutto di innovazioni progressive e, probabilmente, mesotabili (come i Cigni di Taleb). Durante la costruzione dello stabilimento di Segrate, Marco Zanuso, ispirato anche dal rapporto con Adriano Olivetti e dalla collaborazione con l'IBM, dava una definizione di filosofia sistemica spogliando le novità e le innovazioni della tecnologia dell'architettura dal fascino dell'intuizione e sottolineando il ruolo e la professionalità che il susseguirsi di nuove soluzioni impone all'architetto; Zanuso parla di una "molteplicità di funzioni e complesse convergenze disciplinari utilizzate a livello cibernetico" (Zanuso, 1977). Questo, ancora oggi, è un tema centrale nello sviluppo e nella definizione della tecnologia dell'architettura.

Le innovazioni legate all'aumento di complessità del sistema tecnologico (anche grazie all'utilizzo di sistemi informatici) appaiono a Zanuso simili a come li percepiamo noi

1. Il termine o, per meglio dire, la sigla numerica «4.0» è mutuata dal mondo del Web. Il Web 1.0, internet, è stato creato per la consultazione di documenti ipertestuali statici. Grazie all'evoluzione dei linguaggi di *scripting*, è stato possibile inserire elementi dinamici ma, soprattutto, è avvenuta una modifica dell'approccio con il quale gli utenti di rivolgono ad internet: con Web 2.0 si passa dalla semplice consultazione all'interazione fondata sulla possibilità di alimentare il Web con contenuti propri. Le numerose evoluzioni di internet aprono nuove strade verso l'intelligenza artificiale, il web semantico e la possibilità di processare grosse quantità di dati: si parla dunque di Web 3.0 quando ci si riferisce ad una realtà multimediale in cui viene meno la distinzione tra professionista e consumatore e viene risaltato l'effetto rete per lo sviluppo di *business* e applicazioni.

**1. L'edificio progettato dallo studio Foster per gli Emirati Arabi in occasione dell'Expo Milano 2015: le forme sono ispirate alle dune del deserto, che sono state scannerizzate e riprodotte sulle grandi lastre che definiscono le pareti della costruzione, alta 13 metri. Il numero e il tipo di nodi della struttura metallica portante e forme irregolari dei rivestimenti in calcestruzzo fibro-rinforzato sono stati progettati e costruiti grazie al BIM che ha consentito una rappresentazione digitale condivisa per facilitare la progettazione, la costruzione e la gestione del processo edilizio, che prevede (dopo l'Expo) la ricostruzione dell'edificio negli Emirati Arabi.**

Crdt: Daku Italia s.p.a. (cortesia di Marino Fantin).

oggi, sono un tema difficile e non sempre accattivante: questo genere di innovazioni reca con sé lo spettro della perdita di posti di lavoro, della sostituzione del lavoro con quello dei robot e dei *computer*<sup>2</sup>. Le innovazioni in corso pare che provochino sconvolgimenti più grandi di quelli registrati nelle precedenti rivoluzioni industriali, le ragioni possono essere elencate a partire dalla velocità (tutto sta accadendo molto più velocemente di quanto accadesse in passato), l'ampiezza (molti cambiamenti radicali avvengono nello stesso momento) e la profondità della trasformazione del sistema sociale, culturale, economico e non solo (data la comunicazione a livello globale).

L'insieme dei fattori che guidano l'innovazione 4.0, produce svariati cambiamenti, uno tra tutti: le nuove tecnologie cambieranno fortemente la natura del lavoro delle persone. Sino a che punto l'automazione sostituirà il lavoro umano? Vi sarà certamente una sostituzione di parte del lavoro dell'uomo con quello dei robot e dei computer; i lavoratori, se non troveranno nuovi ambiti d'impiego e in assenza di adeguate politiche del lavoro, saranno disoccupati. In seconda battuta, questa distruzione degli equilibri genererà una nuova capitalizzazione, in virtù della quale e grazie a un accorto governo dell'economia (si ricordi Keynes) vi potrà essere un aumento della domanda di nuovi beni e nuovi servizi, ma anche di nuove specializzazioni in ambito lavorativo; ciò, almeno in teoria, porterà alla creazione di nuovi posti di lavoro, nuove imprese e nuove industrie<sup>3</sup>. Concentrando l'attenzione sul valore d'uso che hanno tutte le innovazioni che si innestano nel comparto edilizio (anche le innovazioni più complesse dal punto di vista scientifico, informatico, tecnico, ...) si

2. Il futurologo Jeremy Rifkin descrive con queste parole la produzione *lights-out* (a luci spente, che non necessita dell'intervento dell'uomo): "Per non perdere terreno, molte delle principali industrie cinesi stanno velocemente sostituendo i loro operai a basso costo con i robot, ancora più economici. Foxconn, il colosso cinese che produce gli iPhone, prevede di installare nei prossimi anni un milione di robot ed eliminare così gran parte della manodopera. Terry Gou, ceo della Foxconn, dove lavorano oltre un milione di persone, ha dichiarato tra il serio e il faceto che preferirebbe avere a che fare con un milione di robot: «Gli esseri umani sono anche animali, e gestire un milione di animali mi fa venire il mal di testa» (Rifkin, 2014).

3. Uno spunto per riflettere sulla forza dell'innovazione tecnologica legata all'introduzione dei sistemi informatici negli ambienti di lavoro più tradizionali può essere colto anche dal cinema. Il film *The Desk Set*, in Italia diffuso con il titolo "la segretaria quasi privata" mostra l'ufficio di una grossa azienda degli anni '50: Katharine Hepburn e Spencer Tracy si confrontano, lei (Bunny Watson) nel timore di perdere il proprio posto di lavoro, lui (Richard Sunnet) nel ruolo dell'ingegnere inventore di Emerac, una macchina elettronica (tra i primi computer a comparire in una commedia). La macchina non sostituisce Bunny nel proprio lavoro ma ne agevola i compiti.

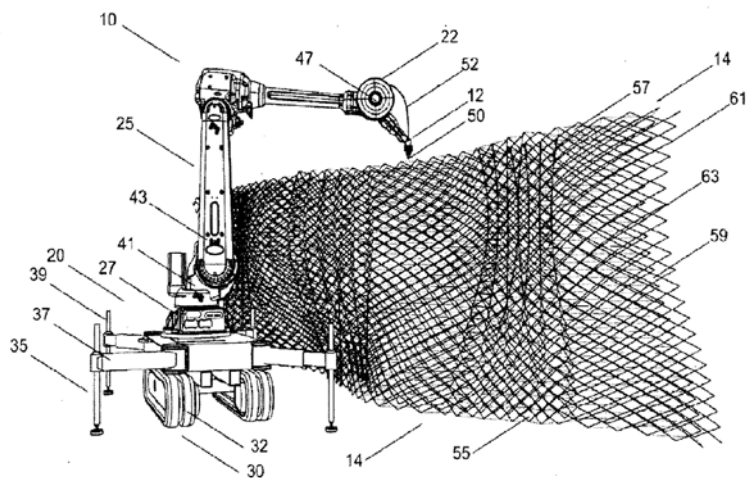
può auspicare che l'innovazione tecnologica del 4.0 costituisca un'opportunità, non una minaccia. A fronte dell'incertezza legata a tale rivoluzione, infatti, vi è una certezza: tutto dovrà necessariamente avere un'applicazione pratica, un valore d'uso che sottolinei le virtù tecniche dell'innovazione corrente in un contesto complesso come l'architettura, alla quale si richiedono prestazioni sempre più elevate.

È cruciale capire quando lo sviluppo del nuovo capitale comincerà a superare l'effetto della distruzione e quanto tempo sarà necessario perché tale processo si sviluppi. Distruzione e opportunità sono descritte anche dai dati raccolti a livello internazionale dal The Architects' Council of Europe<sup>4</sup> e a livello nazionale dalle indagini Cresme (AA.VV., 2016): gli addetti del settore percepiscono una forte crisi (non dovuta solo all'irrompere dell'industria 4.0) ma emergono anche aspetti positivi, relativi agli ambiti di attività che maggiormente corrispondono ad una domanda rivolta all'efficienza energetica e alle tecnologie avanzate, soluzioni per un innalzamento del livello di qualità degli immobili non solo al momento dalla loro realizzazione ma anche e soprattutto durante il loro tempo di vita utile, e quindi rivolte al mantenimento in funzione degli edifici. Rispondono a questa domanda tutte le scelte progettuali e le tecnologie (non solo quelle legate all'impiantistica) che consentono una dettagliata progettazione, realizzazione e verifica del funzionamento dell'immobile.

Prodotti e processi innovativi rispondono a queste specifiche questioni, agevolano la gestione degli immobili anche in contesti dalle forti criticità: è il caso delle tecnologie Lightweight Steel Frame, prodotto che ha sta sfruttando il 4.0 per trasformare una maglia rigidamente regolare in una struttura flessibile e facilmente personalizzabile (Barucco, 2015). La progettazione CAD/CAM<sup>5</sup> consente di produrre rapidamente gli elementi in acciaio necessari per ogni specifico progetto, ciò a partire dai disegni esecutivi che poi verranno impiegati per il montaggio dell'edificio. I macchinari di ultima generazione sono in grado di realizzare svariate forme e lavorazioni: modificano gli assi e le posizioni degli elementi che operano sul nastro d'acciaio, realizzano i fori per le viti, le flange e le sa-

4. Si fa riferimento al terzo rapporto intitolato "The Architectural Profession in Europe 2012", commissionato da The Architects Council of Europe a Mirza & Nacey Research Ltd, questo documento verrà aggiornato ogni due anni ed è a disposizione al sito internet [www.ace-cae.eu](http://www.ace-cae.eu) (aprile 2016).

5. La progettazione a computer (CAD, *Computer Aided Design*) e la fabbricazione computerizzata (CAM, *Computer Aided Manufacturing*).



2. Una pagina del brevetto US2016207220 A1 registrato da ETH Zürich, il brevetto descrive un macchinario che realizza una struttura tridimensionale utile anche per la realizzazione di opere in cemento armato (se si affiancano due maglie di rete e si procede al getto di calcestruzzo). Il braccio robotico guida una bocchetta che estrude un filamento plastico che, annodato secondo forme dettagliatamente studiate, sviluppa una vera e propria rete. La precisione della strumentazione e il dettaglio della tessitura di questa sorta di filo plastico, consentono la realizzazione di strutture dalle forme sinuose, impossibili da realizzare senza il supporto dell'informatica e della robotica.

Crdt.: il brevetto brevetto US2016207220 A1 è di libera e gratuita consultazione.



gomature per l'incastro e l'intersezione delle aste. Le tecnologie BIM<sup>6</sup> consentono anche il coordinamento tra i vari specialisti che progettano e realizzano l'edificio, vi è dunque un'ulteriore e una drastica (se non completa) riduzione del margine d'errore nel passaggio dal disegno alla produzione del materiale in officina e, successivamente, nel montaggio tra l'officina e il cantiere: a questo corrisponde una grande rapidità di messa in opera e una forte contrazione degli sprechi di materiale.

Il Lightweight Steel Frame trae vantaggi anche dalla relazione con un altro grande tema dell'industria 4.0: l'internet delle cose, grazie al quale i prodotti dialogano con gli utenti durante la fase d'uso. È possibile installare dissipatori sismici sulle aste di controventamento della struttura Lightweight Steel Frame, questi smorzano le onde sismiche rendendo la struttura diffusa in acciaio sottile ancor più efficace nell'assorbimento dell'energia che, considerata energia cinetica, viene trasformata in elettricità utile al funzionamento dei dissipatori e dei sensori che dialogano con gli utenti dell'immobile e garantiscono un più alto grado di sicurezza del costruito<sup>7</sup>.

Recenti ricerche in merito all'automazione dei posti di lavoro (tra tutte, una ricerca pubblicata da McKinsey Digital nel 2016), suggeriscono i vantaggi connessi all'intelligenza artificiale, alla robotica e sottolineano che, al momento, sono stati compiuti solo pochi primi passi nella direzione della fabbrica 4.0. D'altro canto, va riconosciuto che l'automazione non è una novità per le attività produttive, ad esempio per la produzione dei componenti da porre in cantiere. I temi che legano i prodotti da costruzione a questo genere di innovazioni vertono sulla progettazione BIM e la produzione in industria di prodotti realizzati *ad hoc* per ogni edificio (Borin, 2016); a partire da questo, un contributo dalla robotica e dalla cibernetica è possibile anche in area di cantiere, come incentiva il nuovo codice degli appalti e come è stato dimostrato nella costruzione dei padiglioni degli Emirati Arabi e in quello di Venka all'Expo di Milano, ma non solo.

6. L'utilizzo di rappresentazioni digitali condivise per la descrizione di un oggetto o di un edificio (BIM, *Building Information Modeling*). Tale condivisione delle informazioni facilita le scelte in merito al progetto, la costruzione e la gestione del bene in oggetto.

7. Gli smorzatori assorbono le onde sismiche e i sensori registrano i movimenti della struttura e comunicano gli eventuali stati d'allerta in caso di criticità statiche. I più noti sono i "Shequas", prodotto messo a punto da Sekisui House: questa soluzione è stata accreditata presso il Ministero del Territorio, delle Infrastrutture, dei Trasporti e del Turismo Giapponese ed è quindi un prodotto utilizzabile in tutte le costruzioni con telaio strutturale in acciaio sagomato a freddo (Sekisui House, 2013).

La situazione attuale è differente da quanto possiamo studiare in merito alle crisi e alle rinascite dell'economia e dell'industria: la relazione tra l'automazione e il cambiamento dei modelli economici industriali velocizza il cambiamento ma non consente, essa sola, l'avvicinamento ad un nuovo modello di *business*, l'automazione può solo rendere un processo più veloce, più affidabile e più economico. I nuovi strumenti possono inoltre cambiare radicalmente l'offerta e, di conseguenza, cambiare un'organizzazione o un'impresa legata alla variazione di domanda e di offerta, ma la variazione di *business* non è necessariamente la conseguenza di una innovazione dell'automazione di un processo. È necessario un nuovo approccio al progetto tecnologico.

Vanno considerati gli aspetti legati all'*Information Technology*, quali il volume dei dati oggi disponibili per l'analisi dello stato di fatto e dei possibili sviluppi di ogni progetto, la velocità con la quale nuovi dati possono essere generati e la varietà di questi (che possono derivare da ogni genere di fonte). Da un lato vi è il fiume di informazioni che transitano attraverso internet, dall'altro la digitalizzazione che si fa sempre più pervasiva in ogni ambito della produzione e della progettazione. Guardando alle ricerche dell'ETH Zürich<sup>8</sup> si nota come l'informatica e la robotica trovino nel confronto con l'architettura un terreno fertile per la materializzazione del digitale, affermazione che costituisce quasi un paradosso al confronto con il dibattito sulla dematerializzazione del mondo reale, ma che consente di radicare con ancor più forza all'interno dei fondamenti della progettazione i ragionamenti di Zanuso sulla tecnologia e sul valore d'uso dei prodotti da costruzione.

Il condizionamento reciproco dell'industria 4.0 e della progettazione, relazione sviluppata attraverso la ricerca e resa possibile dai nuovi strumenti per la progettazione, è il fondamento dell'architettura nell'era digitale, un digitale che diviene tangibile grazie al lavoro dei progettisti. Architetti ai quali spetta anche il ruolo di trasformare il robot, simbolo della riforma della disciplina del costruire, in un mezzo per indagare le nuove dimensioni della relazione con gli utenti del costruito, per una nuova definizione della corrispondenza tra l'edificio e le esigenze di questi, aprendo a nuovi livelli di progettazione «a misura d'uomo» («a misura di ogni singolo uomo», verrebbe quasi da dire). Gramazio, Kholer e Willmann sostengono che l'architettura perda di senso

8. L'Istituto politecnico svizzero, tra i più importanti centri di ricerca al mondo, apre nel 2005 il primo laboratorio di robotica applicata al progetto dell'architettura e alla costruzione degli edifici.

se non rinnova la propria cultura costruttiva e non si confronta con i nuovi materiali (Gramazio, 2014) e, probabilmente, sta proprio in questa tensione verso l'innovazione di prodotto, di processo e di significato il fondamento della tecnologia dell'architettura. Una tecnologia che, anche nell'ambito della progettazione e della costruzione, ha modo di dimostrare di essere "uno dei principali strumenti dello sviluppo economico a partire dalla rivoluzione industriale" (Zeleny, 2002). Purtroppo la tecnologia troppo spesso viene compressa in formule che studiano dinamiche macroeconomiche o dimenticata all'interno di componenti fisiche (computer, robot, trapani, prodotti da costruzione innovativi, ...). Questo genere di semplificazioni non è corretto, soprattutto nell'era della tecnologia dell'informazione e della conoscenza o, più semplicemente, dell'alta tecnologia. Una tecnologia che deve essere gestita in virtù delle logiche del progetto, non solamente sviluppata attraverso ricerche di ingegneristica avanzata.



**DINAMICHE ECOSISTEMICHE**

La qualità e l'affidabilità in edilizia, sulle quali è maturata la disciplina della tecnologia dell'architettura, oggi non sono negate né dimenticate: il peso di questi temi è accresciuto dalle novità della quarta rivoluzione industriale e, in particolar modo, dalla necessità di integrare l'ideazione del progetto con un sistema di interlocutori più ampio rispetto a quanto mai prima accaduto.

Le interrelazioni fra gli individui e l'ambiente possono essere definite come una "ecologia delle informazioni" (Ratti, 2014). Un sistema che ha equilibri e dinamiche, risponde a quesiti e questioni, interroga, esige, suggerisce e dà riscontri in merito al progetto e al progettista definendo quella che può essere considerata una vera e propria reputazione. Stando a tale definizione, le informazioni in merito al progetto si articolano in una sorta di «ecologia del costruire», definita dall'ampiezza della comunicazione e quindi dai mezzi attraverso i quali questa avviene.

La città è il luogo, oltre che il simbolo, delle dinamiche di relazione tra le persone (Mumford, 2013); per secoli, prodotti culturali quali la lingua, la cucina e l'architettura hanno preso forma percorrendo le infrastrutture urbane (le forme della città stessa) e le infrastrutture invisibili (le reti relazionali) delle città. I processi di sviluppo di tali prodotti culturali prendono le forme di un'evoluzione e, a volte, di una rivoluzione; per moltissimo tempo si è sempre solo trattato di processi fondati sull'interrelazione umana del confronto «faccia a faccia». La stampa e, più di recente, la radio e la televisione hanno sconvolto le infrastrutture dell'interazione così come sono sempre esistite e le hanno rese unidirezionali (la radio parla, l'uomo ascolta e non può rispondere): non si tratta più di un dialogo, ma di un monologo.

La rivoluzione 4.0 e i media moderni riportano l'ecologia delle informazioni alle dinamiche di un tempo, in cui il confronto (da cui nascono lo scontro e la concordanza d'intenti) è il motore per lo sviluppo di ogni progetto<sup>1</sup>. Per questo motivo l'epoca che stiamo vivendo merita pienamente di essere descritta con la fortunata accezione di «villaggio globale» o, più grande, città: da costruire con nuovi materiali, modi di disegnare prodotti e processi produttivi. Più grande ancora, una megalopoli: in cui prendono forma nuove forme di interazione e lavoro, logistica, *marketing*, processi di ideazione e produzione, catene del valore e di fornitura.

Si innalzano anche gli *standard* per la definizione della qualità e dell'affidabilità del costruito, questi vengono definiti in relazione all'emersione delle esigenze e allo sviluppo delle tecnologie

1. "Le società sono sempre state modellate più dalla natura dei mezzi attraverso i quali l'uomo comunicava, piuttosto che dal contenuto della comunicazione" (McLuhan, 1967).

**1. Una miniera di rame americana in una fotografia risalente ai primi del 1900, è evidente l'impatto causato dall'attività estrattiva ed industriale. Crdt.: The Miriam and Ira D. Wallach Division of Art, Prints and Photographs: Photography Collection, presso la New York Public Library (digital collection: [www.digitalcollections.nypl.org](http://www.digitalcollections.nypl.org)).**

che caratterizzeranno la quarta rivoluzione industriale: non è possibile sapere in anticipo a cosa porterà la rivoluzione industriale 4.0 ma è possibile sviluppare quesiti e prefigurare scenari per i quali svolgere ricerche. Vi sono innumerevoli organizzazioni e studi che prefigurano e a volte addirittura elencano requisiti e prestazioni del costruire nel (e il) villaggio globale; il World Economic Forum e la *call* di finanziamento di Horizon 2020 fanno emergere temi chiave riconducibili o in riferimento all'ecocompatibilità e spesso tali temi sono accomunati dal livello di pervasione della digitalizzazione e delle tecnologie dell'informazione.

La tecnologia dell'architettura registra innovazioni di prodotto, di processo e anche innovazioni nel modo di interpretare e di valutare il valore di questi. Il confine tra un'ambito d'innovazione e l'altro diviene sempre più sottile allo svilupparsi di prestazioni e caratteristiche inimmaginabili sino solo a pochi anni fa: materiali più leggeri, prodotti connessi a sistemi di monitoraggio, maggiormente performanti e completamente riciclabili, queste sono solo alcune delle caratteristiche delle innovazioni che pervadono il settore edile.

Nel campo del miglioramento delle prestazioni, sono esemplari le ricerche che stanno scoprendo le potenzialità del grafene, un materiale che, superati i problemi legati al controllo dello spessore durante la sfoltazione (processo necessario alla sua produzione), promette sviluppi d'impiego in una serie di produzioni utili al settore edile, all'insegna del miglioramento della qualità di sistemi e componenti. Il grafene ha resistenze meccaniche duecento volte superiori all'acciaio e può essere lavorato fino a spessori un milione di volte più sottili di un capello; è un buon conduttore per l'energia, è quasi trasparente ma è così denso che nemmeno l'elio (il più piccolo gas atomico) può attraversarlo. Alcune sperimentazioni mostrano l'efficacia del grafene nella produzione di fotovoltaico, in sostituzione degli elementi metallici per la realizzazione di interfacce grafite/semiconduttore che risultano estremamente più robuste di quelle che impiegano i metalli. La forte stabilità a temperatura ambiente e il rapporto tra superficie e volume eccezionalmente elevato mostrano le potenzialità del grafene nel campo della rivelazione dei gas, ma sono in corso sperimentazioni anche in campi come quello dell'illuminazione, della desalinizzazione, etc. (Di Francia, 2011).

Nel campo delle ricerche per la sostenibilità ambientale, la ricerca sta mostrando le potenzialità delle nuove plastiche termoidurenti che potranno sostituire le plastiche non riciclabili largamente impiegate in tutti i telefoni cellulari e in tutte le schede circuito. È questo il caso delle poliesaidrotiazine (PHTs), che rappresentano nuova classe di polimeri dalle proprietà elevate: resistenza, leggerezza, auto-riparabilità, riciclabilità totale. Stanno

	cromo	materiali ferrosi	bauxite e alluminio	nicel	rame	zinco	stagno
mercato globale <sup>1</sup>	44.7	206	72	29	144	28	7
disponibilità (in anni) <sup>2</sup>	16	75	133	49	39	21	20
volatilità del prezzo <sup>3</sup>	29%	30%	18%	42%	30%	45%	24%
numero di paesi con significative riserve	alto	basso	alto	basso	medio	basso	medio
riciclabilità <sup>4</sup>	60%	61%	48%	43%	32%	30%	34%
sostituibilità	possibile	difficile	sfida	difficile	sfida	possibile	possibile

2. Tabella che analizza la possibile carenza di risorse per il settore delle costruzioni, i dati sono aggiornati al 2009. Si riportano alcune indicazioni per facilitare la lettura:

- sostenibile, per ora
- alcuni problemi
- rischi o impatti significativi

<sup>1</sup> in miliardi di dollari

<sup>2</sup> riserve disponibili in funzione del tasso di sfruttamento annuale (al 2009)

<sup>3</sup> aumento di prezzo dal 2004 al 2009

<sup>4</sup> percentuale di materiale riciclato, dati aggiornati al 2009

Crtd.: I dati riportati nella tabella sono tratti dal libro *Resource Revolution* scritto da Stefan Heck e Matt Rogers (2014).

trovando i primi impieghi nell'industria aerospaziale ma, dato che sono particolarmente stabili, già se ne prefigurano molteplici e importanti applicazioni industriali anche nel settore edile. Si tratta di plastiche di origine vegetale o animale (a base di gusci di gamberetto, ad esempio) che si contraddistinguono per la semplice gestione del «fine vita»: le prime, di origine vegetale, sono completamente riciclabili e non fanno registrare alcuna diminuzione della qualità del materiale a valle del processo di riciclo<sup>2</sup>, le seconde, di origine animale, sono completamente biodegradabili e il processo di decomposizione richiede circa due settimane (molto meno delle plastiche biodegradabili ad oggi più diffuse).

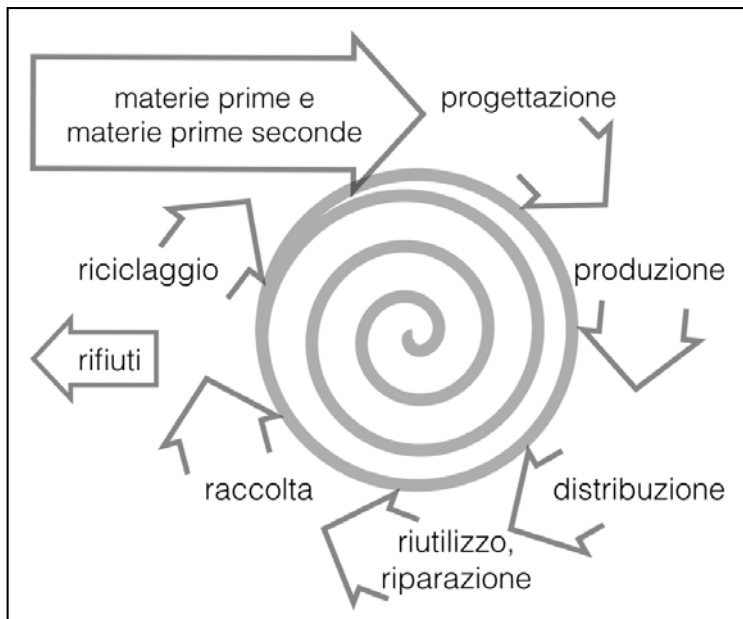
Questi esempi ben si prestano ad illustrare come sia possibile indirizzare la ricerca verso lo sviluppo di prodotti e processi circolari di produzione, uso, riuso e, successivamente, riciclo o fine vita; ciò risponde alla tendenza che il mercato mostra nel riconoscere dinamiche di *circular economy* in cui la produzione, il consumo e il commercio sono progettati affinché “il valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse sia mantenuto quanto più a lungo possibile e la produzione di rifiuti sia ridotta al minimo” (COM(2015) 614)<sup>3</sup>. Seguendo queste indicazioni è possibile distinguere i materiali di origine biologica, destinati a ritornare nella biosfera, dai materiali di origine tecnica, progettati *ad hoc* per l'allungamento del ciclo di vita (Ellen MacArthur Foundation, 2013); se i primi possono essere consumati e dismessi senza impatti ambientali, i secondi non sono biodegradabili e quindi vanno utilizzati a lungo ed è necessario progettarne il riuso, il recupero e il riciclo (Trojette, 2015). Le innovazioni, anche nell'ambito della tecnologia dell'architettura, sono rivolte all'eliminazione del concetto di scarto, al progetto del ciclo di vita dei

per

2. In questo si fa la differenza tra processo di riciclo (*recycling*) e di sub-ciclo (*downcycling*). William McDonough spiega che “molte dei processi di riciclo attuali sono, in effetti, processi di *downcycling*; riducono la qualità del materiale nel tempo. [...] I metalli seguono spesso percorsi di *downcycling*. Ad esempio, il metallo di alta qualità impiegato per la costruzione delle automobili - ad alta percentuale di carbonio, ad alta resistenza - viene riciclato mescolandolo ad altre parti delle automobili quali i cavi di rame, le pitture e alcuni rivestimenti plastici. Questi materiali abbassano la qualità dell'acciaio che si ottiene a valle del processo di riciclo. Altro acciaio di alta qualità deve quindi essere aggiunto per rendere il nuovo materiale abbastanza resistente e, in ogni caso, si otterrà un materiale differente e dalle prestazioni più scadenti, che non consentiranno di realizzare nuovamente automobili” (McDonough, 2002).

3. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. *L'anello mancante - Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare*. Bruxelles 2.12.2015.





togliere questo riquadro da attorno allo schema, grazie

3. Il diagramma proposto è tratto dalla Comunicazione COM(2014) 398 final/2 dal titolo “Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti”. Vengono schematizzate le fasi principali del ciclo di vita di un prodotto progettato con la logica dell'*ecodesign*: ciascuna fase costituisce un'opportunità in termini di “taglio dei costi, minore dipendenza dalle risorse naturali, impulso a crescita e occupazione, nonché contenimento dei rifiuti e delle emissioni dannose per l'ambiente. Le fasi sono interdipendenti, in quanto le materie possono essere utilizzate a cascata: ad esempio, le imprese si scambiano i sottoprodotti, i prodotti sono rimessi a nuovo o rifabbricati, oppure i consumatori optano per sistemi prodotti-servizi. Per garantire il funzionamento ottimale del sistema occorre evitare per quanto possibile che le risorse escano dal circolo” (COM(2014) 398 final/2).

Crtd.: schema rielaborato a partire da quanto proposto in COM(2014) 398 final/2.

beni e allo sfruttamento corretto di ogni risorsa prevenendo le perdite di materiale ed energia, sia che si lavori un prodotto della natura che un prodotto della tecnica.

Possiamo consumare i beni che seguono cicli biologici nel momento in cui non alteriamo gli equilibri ecosistemici e possiamo rilasciare nella biosfera solo materiali di origine naturale, che possano essere reinserti nella biosfera dopo il loro impiego e senza alterarne le dinamiche. Guardando ai cicli della tecnica, l'uomo ~~viene~~ non viene considerato come un consumatore, ma come un utente dei beni materiali: ogni utente di un prodotto che segue un ciclo della tecnica non se ne disferà al termine del periodo di utilizzo, ma lo restituirà ai cicli di recupero e ai ricicli di materiale che ne valorizzeranno ogni parte. I polimeri PHTs sono materiali biologici: consentono il progetto di diversi cicli di vita utile e, assieme alle plastiche di origine animale, possono essere inserite in cicli biologici naturali senza comprometterne l'equilibrio. Il grafene è un materiale tecnico: migliora l'efficienza dei cicli dei prodotti, destinati ad essere riusati più volte, mantenuti, riusati, ristrutturati, nuovamente inseriti in catene di produzione o riciclati e riciclati ancora.

Il costo delle materie prime sale, per fare alcuni esempi è sufficiente ricordare che a partire dal 2000 il costo dei metalli è cresciuto del 170% e quello della gomma è cresciuto del 260%<sup>4</sup>; molti altri beni stanno seguendo questa tendenza, definendo più alti costi anche in relazione alla scarsa reperibilità delle materie prime. L'aumento dei costi mette in crisi le imprese e il sistema economico registra le variazioni dei prezzi che fanno da campanello d'allarme di una futura ulteriore crisi, figlia del consumo sfrenato delle risorse, minacciosa non solo nei confronti del mercato e dalle profonde influenze sugli equilibri ecosistemici. La *circular economy* sviluppa una strategia industriale ed economica per fronteggiare il problema che l'economia «prendi-usa-getta» ha causato; si auspicano azioni orientate al miglioramento dei processi produttivi (ed economici) legati alla trasformazione dei beni (tecnici e biologici), lo sviluppo di un migliore progetto dei prodotti (che consideri il ciclo di vita e non solo l'offerta di un bene) e il miglioramento delle catene di fornitura e uso dei prodotti stessi (meglio relazionate con le fasi di produzione, riuso, recupero e riciclo).

All'interno dell'Unione Europea, il settore edile è responsabile di una buona parte del

4. Dati forniti dal settimo programma d'azione in merito alle tematiche ambientali messo in atto dall'Unione Europea (7th Environment Action Programme, EAP) per guidare le politiche comunitarie sino al 2020 e dare prospettive di sviluppo e orientamento sino al 2050. Ulteriori informazioni sono reperibili al sito: <http://ec.europa.eu/environment/action-programme/> (agosto 2016).

consumo di risorse: metà del consumo energetico, metà dei materiali estratti e un terzo del consumo idrico sono imputabili alla costruzione, al mantenimento in funzione e alla demolizione del patrimonio edilizio. Sempre al settore edile è imputabile un terzo di tutti i rifiuti prodotti in Europa, si tratta dei *Construction and Demolition Waste* (CDW), per la maggior parte riciclabili ma sfruttati come materie prime seconde in percentuali inferiori al 50%<sup>5</sup>. L'obiettivo dell'UE è di portare tale soglia al 70% entro il 2020 (COM(2014) 398)<sup>6</sup> e gli indirizzi fondamentali per il miglioramento delle prestazioni indicano vie di sviluppo e innovazione nella riduzione degli sprechi, nel progetto del ciclo di vita (*ecodesign*), nell'individuazione degli anelli deboli nelle catene di approvvigionamento e produzione oltre che nella sostituzione delle materie prime scarse con altre di più semplice reperibilità, ad esempio provenienti da processi di riciclo o individuate attraverso ricerche volte all'innalzamento di qualità delle prestazioni del prodotto, del processo e, in generale, del ciclo di vita del bene in questione. A queste indicazioni di base, l'Unione Europea affianca le raccomandazioni in merito all'uso delle certificazioni di sostenibilità ambientale, grazie alle quali è possibile la comunicazione delle scelte condotte a monte, nelle fasi di progetto e di produzione di un bene, ed è possibile comprendere quali cicli, riusi e ricicli seguiranno al termine di quella che sarà solo una fase della vita del prodotto e non «fine vita» del prodotto.

Per raggiungere l'obiettivo di avvicinare i cicli economici degli uomini ai cicli biologici del Pianeta non vi sono soluzioni univoche e adatte ad ogni produzione e uso, ogni scelta è però accomunata dalla tensione verso il miglioramento, verso un'economia circolare. Ciò si fonda sulla corretta informazione in merito al valore d'uso dei prodotti da costruzione e sul senso della definizione del loro ciclo di vita. Tali comunicazioni devono sottolineare la rilevanza della una buona progettazione dei prodotti, pensati e sviluppati per seguire i percorsi che ampliano il significato del valore d'uso dei prodotti da costruzione anche al di fuori del cantiere: ogni bene si colloca in una visione olistica delle attività umane, anche del costruire, al fine di seguire cicli e ricicli virtuosi per l'ecosistema.

5. Queste stime, purtroppo, non fotografano in modo efficace le prassi di ciascuna nazione in quanto non vi è un omogeneo sistema di valutazione dei CDW nei Paesi dell'UE. In Italia, ad esempio, non tutte le imprese sono obbligate a compilare il Mud (modello unico di dichiarazione) in merito ai rifiuti condotti in discarica e spesso le variazioni dei codici Cer (che specificano la tipologia di rifiuto) complicano ancor più le stime.

6. COM (2014) 398 - Comunicazione della Commissione - Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti.



## CONNESSIONI E SAPERI

La progettazione tecnologica

La sfida è comprendere quale tipo di rivoluzione sia in corso e chi, nel processo edilizio, possa assumersi la responsabilità di capire le corrette forme di relazione con il cambiamento in atto. Da un lato la decifrazione delle esigenze e la prefigurazione di scenari per il domani e dall'altro gli attuali strumenti per il progetto e la costruzione. La relazione tra le due posizioni sta in una rinnovata definizione della tecnologia dell'architettura, che non deve essere più identificata esclusivamente con l'idea di ricerca, sperimentazione e descrizione del prossimo prodotto o processo innovativo e delle loro particolari caratteristiche, ma che sarà sempre più spesso definita dall'enfasi posta sull'interrelazione e la complementarità di ingegno, prodotti e processi.

Descrivere il contesto nel quale operare e l'orizzonte d'azione al quale tendere non è semplice, ma è utile ad individuare problemi ed opportunità nel progetto di innovazione, che mette alla prova le capacità relazionali tra ricercatori, progettisti e tutti coloro che si interessano del processo edilizio. Per la definizione del contesto di imprevisti ed innovazioni sono stati considerati i cicli della recente storia edilizia italiana, per la definizione dell'orizzonte d'azione, si è sottolineata la rilevanza dei fattori determinanti la rivoluzione delle esigenze, delle norme e delle tendenze a scala globale. Vi sono analogie tra il contesto e l'orizzonte d'azione, sono i "corsi e ricorsi" vichiani dei cicli del mercato (anche edilizio) e delle rivoluzioni tecnologiche (e industriali). Ogni innovazione che si colloca efficacemente sul mercato, sviluppa nuovi *business* e ciascuno di questi cresce o si divide, sviluppa una propria rete di relazioni o si colloca in una rete preesistente; eventi imprevisti, come cigni neri, possono distruggere la rete (tutta o in parte) colpendo uno o più nodi di essa; ogni evento distruttivo, oltre a fare ciò, libera risorse che vengono successivamente ricollocate.

Il motore di tale ciclicità, di questo processo di fasi espansive e di fasi recessive, viene spesso identificato nei Cigni di Taleb; attente analisi economiche riconoscono i mezzi per affrontare le innovazioni nelle logiche di puro mercato o nell'intervento dello stato, ma strappi, salti e occasioni di rottura con il passato trovano nella storia dell'arte, nella

1. L'opera *Structural Oscillations* realizzata per l'undicesima Biennale d'Architettura di Venezia (del 2008) *Out there: architecture beyond building*. Fabio Gramazio e Matthias Kohler hanno progettato e realizzato con l'utilizzo di un braccio robotico "un muro di mattoni lungo 100 metri che si snoda senza soluzione di continuità all'interno del padiglione svizzero. Con la sua forma il muro definisce uno spazio interno e uno spazio interstiziale al di là di esso e in nel dialogo tra questi spazi trova posto l'esposizione. Il muro inoltre instaura un dialogo con l'architettura di mattoni del padiglione stesso, progettata dall'architetto Bruno Giacometti nel 1951" ("*Out there, architecture beyond building*", vol.4, Venezia 2008).

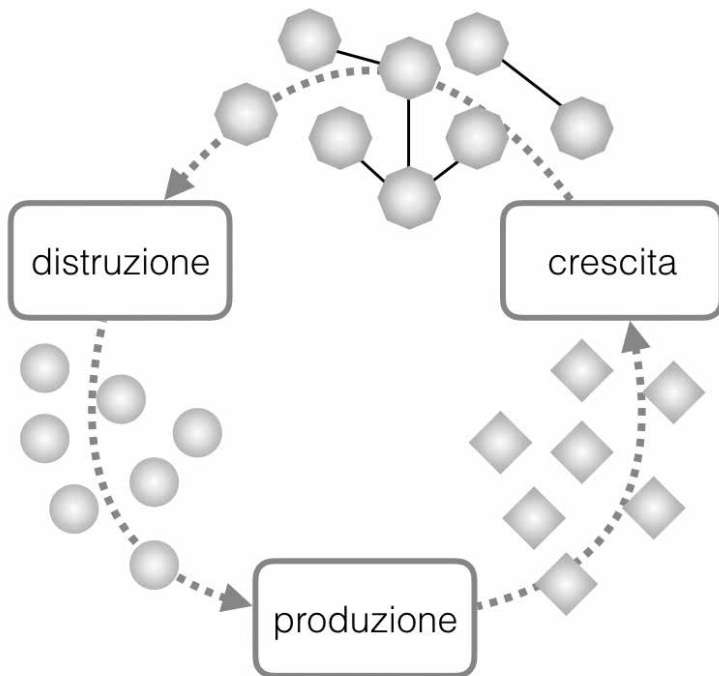
Crtd.: La Biennale di Venezia - Archivio Storico delle Arti Contemporanee, photo by Giorgio Zucchiatti.

letteratura e nella filosofia lo spazio per la prefigurazione della crisi e per la sperimentazione di nuovi equilibri o disequilibri. Giulio Carlo Argan, parlando del disegno e della produzione, spiega che "i processi della produzione si plasmano sui processi di pensiero e tendono a sormontare la «razionalità» tradizionale" (1965).

Nel paragrafo dedicato alla rete e agli strumenti del 4.0 si è visto come le nuove strumentazioni e i nuovi programmi per il disegno architettonico consentano la realizzazione di elaborati di progetto di qualità elevatissima, di raffinatissima resa grafica; spesso vengono impiegate anche strumentazioni per visualizzare le costruzioni nel campo della realtà aumentata. Collegati a questi, i nuovi macchinari e i nuovi approcci al progetto consentono la realizzazione delle strutture altrimenti solo teorizzabili. Il progetto immaginato ha così la possibilità di divenire costruzione reale grazie all'impiego di macchine non solo in fase di simulazione, ma anche per l'effettiva realizzazione degli edifici o di parti di essi. D'altro canto, ciò che viene realizzato con tali strumenti non è necessariamente di una qualità architettonica migliore rispetto a quando il lavoro del progettista prendeva forma con il graphos, la lametta per cancellare e la carta da lucido, quando il cantiere era l'unico luogo in cui fosse possibile trovare soluzioni ai problemi costruttivi e progettuali.

Nel paragrafo dedicato alla sostenibilità si è descritta l'accresciuta considerazione delle dinamiche ecosistemiche utili alla relazione tra progetto, costruzione e ambiente naturale. Il confronto con le nuove esigenze e la definizione di requisiti (spesso nuovi e complessi nell'articolazione e nelle forme d'analisi e valutazione) aprono alla *circular economy*, che nasce dal riconoscimento di queste dinamiche. È la vasta gamma di relazioni tra le parti del sistema, con il quale l'edificio progettato si confronta e all'interno del quale l'edificio costruito si colloca, a rendere complesse le definizioni e le analisi; ogni progettista ha a che fare con un ecosistema umano e naturale fatto di stratificazioni e di connessioni, un patrimonio di conoscenze, competenze, regole ed equilibri all'interno del quale ogni progetto è chiamato ad assumere un ruolo attraverso l'articolazione e la messa in funzione di forme, spazi e di relazioni tra di essi. Questa dilatazione delle tematiche che contestualizzano il progetto non nega ma enfatizza il ruolo del progetto per la definizione di qualità e di affidabilità del costruito.

Vi sono tecnologie ed innovazioni che rafforzano il sistema nel quale vengono inserite; si tratta, ad esempio, dei materiali sostitutivi di altri di più difficile reperibilità. Sono soluzioni utili a mantenere in equilibrio la rete di relazioni che si sviluppa attraverso



2. Milan Zeleny schematizza le fasi che determinano i cicli economici, queste fasi sono, in effetti, occasioni di sviluppo dell'innovazione tecnologica e del governo della complessità (sino all'avvento del prossimo Cigno nero, o grigio). Nella fase della produzione (che Zeleny spesso definisce "creazione") vengono definite le regole e le norme per l'ingresso di ogni nuova tecnologia, qui rappresentata con i quadrati. Tali regole possono essere dettate dall'emergenza, dall'affinità con tecnologie preesistenti, da specifiche problematiche e da molti altri fattori; queste regole governano la rete di relazioni, confronti, interrelazioni e reciproci posizionamenti che contraddistingue la fase della crescita della tecnologia. La fase della distruzione, in cui le imprese falliscono o vengono distrutte, ricolloca le risorse (qui rappresentate con i cerchi) componenti ciascuna produzione in nuove produzioni, differenti dalle prime.

Crtd.: schema rielaborato a partire da quanto proposto da Milan Zeleny per analizzare i corsi e i ricorsi dei sistemi umani (2012).

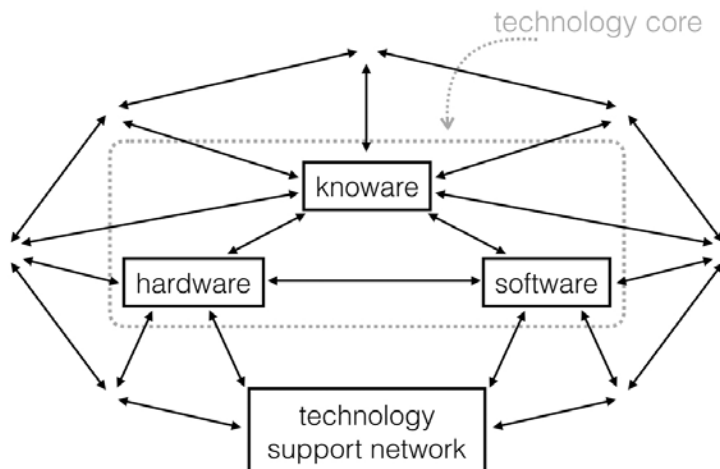
l'ideazione e il progetto e si concretizza con la costruzione e la vita dell'edificio, sono soluzioni che ci consentono di fare le cose nello stesso modo di prima dell'innovazione, senza sostanziali modifiche nella velocità, nella qualità e nell'affidabilità dei prodotti e dei processi.

Vi sono tecnologie ed innovazioni che influenzano i processi, in fase di progetto e/o in fase di produzione (o riciclo); gli strumenti per la progettazione computerizzata appartengono a questa categoria. Sono soluzioni per eseguire elaborati in maniera più efficiente, più veloce e più affidabile, oltre che in maggiore quantità; d'altro canto, l'impiego del CAD non ha modificato profondamente la natura delle relazioni tra committente, progettista e cantiere, non ha sconvolto profondamente l'architettura della rete di relazioni necessarie alla realizzazione di un progetto, ci consente tuttavia di fare le stesse cose di un tempo, in modo simile, ma migliore.

Vi sono tecnologie ed innovazioni che ci consentono (o impongono) di fare cose in modo differente o di fare cose differenti. Queste tecnologie mostrano i loro effetti modificando la rete relazionale sottesa ad ogni progetto cambiandone le connessioni e costruendo nuovi percorsi attraverso i quali energia, materia e processi transitano e prendono forma. Per questo motivo, per il grado di innovazione, è difficile isolare un singolo aspetto di tali tecnologie, le tecnologie 4.0: ogni aspetto è connesso ad altri e, proprio grazie alla sua relazione con questi altri (a volte nuovi) nodi della rete, diviene innovazione.

Milan Zeleny, economista, lega il guadagno alla prima forma di tecnologia (che rafforza il sistema nel quale si colloca e ne mette a frutto le relazioni), il rendimento alla gestione delle tecnologie che influenzano i flussi della rete rendendoli più efficienti, e identifica nella creatività la caratteristica saliente delle tecnologie che influenzano la struttura e l'organizzazione nella quale trovano spazio. Zeleny chiama queste ultime "tecnologie superiori" (Zeleny, 1985): la simbiosi tra uomo e macchina che emerge dalla rivoluzione del 4.0 influenza la vita dei cittadini e determina situazioni economiche e sociali in modo così radicale che nessuno può scegliere di ignorarne la connessione. Una connessione che non può essere ignorata perché va ben oltre l'interazione: gli strumenti di comunicazione e la possibilità di interrogare gli individui e gli oggetti attorno a noi, raccogliendo e ordinando grandi quantità di dati, ci portano a sviluppare un collegamento di tipo simbiotico con le macchine: è la grandiosità della rete di connessioni che abbiamo a disposizione per lo





3. La tecnologia, nell'era della globalizzazione, acquista valore in relazione alla gestione di conoscenza e alla capacità di sviluppare e gestire forme di progettualità condivisa, inoltre, è supportata da un *network* di relazioni fisiche, socioeconomiche e di informazioni. Il cuore della rivoluzione tecnologica, come della tecnologia dell'architettura, è caratterizzato da una componente *hard* (materiale), da una componente *soft* (legata al processo) e da una componente di *knowledge* (fatta di conoscenza): il *knoware* diviene predominante sul *software* e sull'*hardware* ogni volta che la tecnologia è disponibile in tutto il mondo, ha valore in virtù del proprio significato (innovazione semantica), include schemi, procedure e *software* e non solo elementi fisici (quali i macchinari e prodotti). La tecnologia del 4.0 tende a coinvolgere gli utenti e diviene assimilabile ad una forma di relazione sociale.

Crtd.: schema rielaborato a partire da quanto proposto da Milan Zeleny per analizzare le forme di gestione dei sistemi umani (2005).

sviluppo di ogni progetto a determinare la caratteristica di innovatività della tecnologia del prossimo ciclo edilizio a scala mondiale.

L'organizzazione simbiotica che caratterizza il contesto trova analogie con gli obiettivi che definiscono l'orizzonte d'azione della tecnologia dell'architettura: è la dimensione ecosistemica o, meglio, sono le forme di organizzazione organica, a definire il nuovo grado di complessità della qualità edilizia. Un livello di complessità impossibile da gestire senza le macchine (sistemi di comunicazione, robot e *big data*) e, allo stesso tempo, frutto dell'impiego delle stesse macchine che pongono la tecnologia al confronto con una nuova definizione di qualità del costruito, relazionata alla scala Glocal<sup>1</sup> e raggiunta grazie all'interazione tra i portatori d'interesse.

La tecnologia dell'architettura è investita dalla rivoluzione del 4.0, dai Cigni di Taleb, ed è chiamata da Zeleny a contribuire allo sviluppo di una nuova "tecnologia superiore". Come in ogni rivoluzione, molti attori del processo edilizio non troveranno nel 4.0 una collocazione analoga alla propria passata, moltissimi altri svolgeranno il loro lavoro nonostante il 4.0, nonostante l'impiego dei nuovi strumenti informatici, la globalizzazione del mercato, la crisi, l'eccesso di offerta nel settore edile, ... Ma ogni innovazione tecnologica non opera seguendo la «logica del nonostante», la tecnologia cambia la natura dei compiti e i modi di esecuzione in quanto cambia la natura delle relazioni e quindi i flussi fisici, energetici ed informativi che caratterizzano il lavoro e, più in generale, l'attività umana.

Acquista rilievo una terza tecnologia, che affianca la tecnologia dell'architettura rivolta allo studio dei materiali e dei prodotti (la tecnologia *hard*, di Ciribini) e la tecnologia dell'architettura rivolta all'analisi dei processi sottesi al progetto e alla produzione (detta *soft* da Ciribini e invisibile da Sinopoli). Anche nello studio dell'architettura è possibile riconoscere il rilievo che il 4.0 dà alla componente pensante nel sistema tecnologico e, se è possibile parlare di *hardware* e *software* nella tecnologia dell'architettura, è necessario lavorare al *knoware* che definisce i propositi (gli obiettivi e i traguardi), le ragioni e le

Zygmunt Bauman

1. "Si attribuisce spesso la definizione del termine Glocal a XXXX; Glocal riferisce al fatto che gli aspetti qualitativi e quantitativi dei processi di costruzione, oltre che le questioni sociali ed economiche, sono [...] influenzati dal contesto in cui sono collocati e hanno ripercussioni ad una scala più ampia; spesso i concetti di Locale e Globale, proprio per il loro significato letterale, vengono considerati opposti, ma la visione olistica dell'efficienza del costruito richiede che questi concetti si uniscano dando vita al termine Glocal (Global+Local)" (Barucco, 2007).

giustificazioni per ogni specifico uso e sviluppo della tecnologia *hard* e di quella *soft* (Tonelli, 2013). Questa componente pensante della tecnologia dell'architettura sviluppa la conoscenza del come e del perché fare tecnologia: cosa usare per costruire? come? dove? quando? quale processo edilizio sviluppare e perché?

Solo considerando le tre componenti *hard*, *soft* e *know* della tecnologia sarà possibile non essere travolti dal 4.0, non sarà più necessario ricercare la resilienza del saper fare tecnico e del progetto d'architettura. Sarà invece possibile trasformare il progetto tecnologico divenendo progettisti ed attori dell'innovazione, consapevoli della rete che supporta la tecnologia e con la quale ogni progetto, prodotto o processo si relaziona, sviluppando guadagno, rendimento o creatività.

Queste le sfide della tecnologia dell'architettura, ma non sono sfide nuove. Le università avevano già risposto al complessificarsi del lavoro dell'architetto, del progetto e del cantiere offrendo la formazione di nuove figure professionali, concorrenti alla definizione dei nuovi nodi della rete del processo edilizio; differenti specializzazioni si sono relazionate con l'introduzione di nuovi materiali e soluzioni meccaniche, adatti ai nuovi e più elevati *standard* prestazionali del costruito. Trascorso del tempo, compresa l'entità della rivoluzione 4.0, è però necessario sottolineare l'urgenza del riconoscimento del valore dell'architetto che si fa interprete dei vari linguaggi parlati sulla rete del processo edilizio, che è oramai amplissimo: dall'ideazione ai cicli e ricicli della *circular economy*.

Dobbiamo fare tecnologia come le cornacchie di Folena (Lilli, 1991): "Negli Stati Uniti, le cornacchie del New England gracchiano in modo diverso da quelle della California. Non potrebbero comunicare se nel Middle West non esistessero un terzo gruppo linguistico di cornacchie che capisce le une e le altre, e fa da interprete" (Manfron, 2000). Dobbiamo anche andare oltre, dobbiamo lavorare alla progettazione tecnologica sviluppando il valore del *knoware*.



# BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., *XXIII Rapporto Congiunturale e Previsionale Cresme. Lo scenario di medio periodo 2015-2020*. Cresme, 2016.
- AA.VV., *XVIII rapporto congiunturale e previsionale Cresme. Il Mercato delle costruzioni al 2011*. Cresme, 2012.
- Argan Giulio Carlo, *Progetto e destino*, Il Saggiatore di Alberto Mondadori Editore, 1965.
- Barucco Maria Antonia, *La tecnologia dell'architettura alla base della progettazione a scala urbana: un caso studio*. In: Barucco Maria Antonia e Trabucco Dario (a cura di), *Architettura\_Energia*, Edicom Edizioni, 2007.
- Barucco Maria Antonia, *Innovazione di Processo. I processi edilizi sostenibili*. In: Barucco Maria Antonia (a cura di), *Innova-azione tecnologica*, Aracne Editrice, 2014.
- Barucco Maria Antonia, *Innovazione semantica*. In: Barucco Maria Antonia (a cura di), *Durabilità. Longue durée*, Aracne Editrice, 2014.
- Barucco Maria Antonia, "Il senso dei materiali", in Benno Albrecht (a cura di), *Africa Big Change Big Chance*, Compositori editore, 2014.
- Barucco Maria Antonia, *Progettare e costruire in acciaio sagomato a freddo*, Edicom Edizioni, 2015.
- Borin Paolo e Zanchetta Carlo, *Il BIM come strumento di studio della costruzione dell'opera edile*, in *Officina\** bimestrale di architettura e tecnologia, n. 13 luglio-agosto 2016.
- Brundtland Gro Harlem, *Our Common Future: the World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press, Oxford 1987.
- Ciribini Giuseppe, *Tecnologia & progetto*, Celid, 1983.
- Crespi L., Schiaffonati F., *L'invenzione della tecnologia. Il processo di costruzione disciplinare della tecnologia dell'architettura*, Alinea 1990.
- Di Francia Girolamo et al., *Il grafene: proprietà, tecniche di preparazione ed applicazioni*, in *Energia Ambiente e Innovazione*, Pubblicazioni Enea, n. 3 Maggio-Giugno 2011.
- Eco Umberto, *Il secondo diario minimo*, collana Tascabili, Bompiani, 2006

- Ellen MacArthur Foundation, *Towards the circular economy – Economic and business rationale for an accelerated transition*, Isle of Wight (UK), 2013.
- Gramazio Fabio, Kohler Matthias, Willmann Jan, *The Robotic Touch: How Robots Change Architecture*, Park Books, 2014.
- Heck Stefan, Rogers Matt, *Resource Revolution: How to Capture the Biggest Business Opportunity in a Century*, Houghton Mifflin Harcourt, 2014.
- Il Sole 24 ORE, *Fabbrica 4.0. La rivoluzione della manifattura digitale. Come ripensare i processi e i prodotti con i servizi innovativi e tecnologici*. Il Sole 24 ORE, 2015.
- Lilli Laura, *Croce e le cornacchie*, La Repubblica, 9 maggio 1991. Reperibile su: [www.repubblica.it](http://www.repubblica.it) (agosto 2016).
- Manfron Vittorio, *Costruire è solo organizzazione: organizzazione sociale, tecnica, economica, psichica*, in Manfron Vittorio (a cura di), *6 lezioni di edilizia*, Quaderni luav n.14, Serie cdE, 2000.
- McDonough William, *The Hannover Principles Design for Sustainability. Prepared for EXPO 2000 The World's Fair Hannover*, Germany, William McDonough Architects 1992.
- McDonough William, Braungart Michael, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, 2002.
- McKinsey & Company, *Leading in the digital age*, reperibile su [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com) (luglio 2016).
- McKinsey Digital, *Industry 4.0 after the initial hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it*, McKinsey & Company, 2016. Reperibile su [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com) (maggio 2016).
- McLuhan Marshall, Fiore Quentin, *Il medium è il messaggio*, Corraini, 2011 (1967').
- Mirza & Nacey Research Ltd, *The Architectural Profession in Europe 2014. A study sector*. Reperibile su [www.ace-cae.eu](http://www.ace-cae.eu) (giugno 2016).
- Mumford Lewis, *La città nella storia*, Castelvecchi, 2013.
- Mussi Gaia, *Gestire l'innovazione tecnologica*, Edizioni Nuova Cultura, 2011.
- Perniola Mario, *Contro la comunicazione*, Einaudi editore, 2004.
- Ratti Carlo, *Architettura Open Source. Verso una progettazione aperta*, Einaudi, 2014.
- Riemen Rob, "Prologo", in George Steiner, *Una certa idea di Europa*, Milano, Garzanti, 2006.
- Rifkin Jeremy, *La società a costo marginale zero. L'Internet delle cose, l'ascesa del Commons collaborativo e l'eclissi del capitalismo*, Mondadori, 2014.

- Rossetti Massimo, Tatano Valeria, *Innovazione: Saie e dintorni*, in *Integrare per costruire: innovazione, progetto, produzione, gestione edilizia e urbana*, DVD edito da Be-Ma, Milano, 2010.
- Rossi Guido, *Capitalismo opaco, democrazia debole*, Il Corriere della Sera, 18 ottobre 2010.
- Schwab Klaus, *The Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum, 2016.
- Sekisui House, *Sustainability Report 2013*, reperibile su [www.sekisuihouse.co.jp/english/](http://www.sekisuihouse.co.jp/english/) (aprile 2016).
- Sinopoli Nicola, Tatano Valeria, *Sulle tracce dell'innovazione: tra tecniche e architettura*, Franco Angeli, 2002.
- Studio Tamassociati, *Taking Care - Progettare per il bene comune*, Becco Giallo editore, 2016.
- Taleb Nassim Nicholas, *Antifragile. Prosperare nel disordine*, il Saggiatore, 2013.
- Taleb Nassim Nicholas, *Il Cigno nero. Come l'improbabile governa la nostra vita*, il Saggiatore, 2008.
- The Economist, *The third great wave*, The Economist Newspaper Limited, Oct 4, 2014.
- Tonelli Chiara, *Innovazione tecnologica in architettura e qualità dello spazio. Note per un accordo*, Gangemi Editore, 2003.
- Tonietti Tito, *Catastrofi: il preludio della complessità*, edizioni Dedalo, 2002.
- Torricelli Maria Chiara, *Breve storia del futuro dell'approccio sistemico nella ricerca progettuale in architettura*. In: M. Perriccioli, *L'officina del Pensiero tecnologico*, Alinea, 2010.
- Trojetto Chiara, *L'acciaio e un approccio innovativo al ciclo di vita degli edifici*, in OFFICINA\* Toolbox, n. 01, aprile 2015.
- Zanuso Marco, *Ruolo dell'architetto e "nuove professionalità"* in *La sede IBM di Segrate: una "architettura pubblicitaria"*, in «Casabella» n. 424, aprile 1977.
- Zeleny Milan, *Crisis and transformation: On the corso and ricorso of human systems*, Human Systems Management 31, 2012.
- Zeleny Milan, *Human Systems Management: Integrating Knowledge, Management and Systems*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.
- Zeleny Milan, *La gestione a tecnologia e la gestione della tecnologia superiore*. In: Bocchi e Ceruti, *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano, 1985.





**english version**

# **TECHNOLOGY AND RESOURCES: A COMPARISON**

Maria Antonia Barucco

# The innovation of Technology

According to Maria Chiara Toricelli the *building design management* describes the design as process, program and organization, while the *building system design* describes it as the building system, which it is an industrial, social and cultural product (Toricelli 2010). Referring to the system design, we can reflect, not only, upon the innovation that transform the architectural technology and the characteristics of construction products and construction process, but also upon the mutual influence of living needs and the production and diffusion techniques of products and process. The study of products, processes, organization and thought is useful, not only, to erect a building, but also to fulfill the ideal construction that is the description of a history of techniques and theories, a past that can help us to foresee the options for a possible future in the name of what is now the challenge of the current World, that is the search for a virtuous balance between the human productive activities and the dynamics of natural ecosystem.

We can start this analysis by defining building as “integrated set of organized products building that must meet certain requirements within very precise obligations, complying with the availability of limited resources in a specific context” (UNI 10838:1993)<sup>1</sup>. The definition is based on the belief that every constraint, resource and environment is a key factor in the identification of needs and users’ questions that, translated into requirements, may enable the development of new technologies, or the declination of the available technologies according to new buildings.

Each new integrated set of building products and work, made in order to meet needs, is a new design, a project that searches for a new balance regarding to a known and current context that can anticipate the tomorrow. The solutions are different from design to design, and this fact is evident if we consider a long period of time: the architectural technology of the past, represents, today, a heritage of skills and an example of possible answers to specific needs.

1. UNI 10838:1993- Construction industry- Terminology related to the users, the performance, to the construction process and to the quality of the building. The standard contains the terms and the definitions related to quality of the building in its general and specific aspects: environmental, functional, spatial, technological, technical, operational and the management ones.

The change of requirements in space and time gives rise to technologies that can be different or similar to each other, but that are certainly in relation to a specific and developing context. A new product, process or approach, even if it is valid, if it is proposed in a context not ready to receive it, will not have the strength to transform itself from invention to innovation, that means that it will not be used and it will not have an innovative value for the construction industry. Furthermore, in the definition of innovation, we must consider the degree of originality, to establish the radical or incremental innovation, depending on whether it is present as a novelty or as an improvement of a technology already in use (Mussi, 2010).

Nicola Sinopoli describes the aspects that innovation can assume when referring to the product or the process: "the innovation can refer to a product or a process: in the first case, the result of innovation regards material objects, in the second case it regards the intangible ones (that means, the operating methods and the organizational and procedural aspects). Sometimes some innovations show themselves just at the product level, sometimes the existence of a new product also implies more or less deep transformations of the process in which the new product is inserted, sometimes even, these two types of innovations may be so closely connected with each other that it may happen that an innovative product should require a transformation of the processes that are able to make or use it and that these processes, in turn, act on the product features in order to show more novelty at the end of the cycle" (Sinopoli, 2002).

In a historical period characterized by the shattering attitude of the media, the words of Nicola Sinopoli may take on additional meanings: the theme of environmental sustainability hits the human activities in a traversal way and, similarly, the sustainability is reason of innovative products and processes. The aim is the construction of buildings and cities which go beyond the classic definition of sustainability given by Gro Harlem Brundtland<sup>2</sup>, having said that, we are trying to build in a way that each person and each

2. The Brundtland Report, written in 1987, describes the urgent need to protect the basic needs of the individuals of the future generations: "the sustainable development, far from being a definitive state of harmony, is more a process of change such that the exploitation of resources, the direction of the investments, the orientation of the technological development and the institutional changes are made consistent with the future needs as well as with the current ones".

part of the Earth ecosystem will not suffer from the lack of resources, today and in the future<sup>3</sup> (McDonough, 1992).

There are innovations that offer new products: employing natural materials to realize parts of the buildings, as in the case of insulating materials, bricks and cladding sheets made from the scraps of corn processing and from the mycelia of mushrooms<sup>4</sup>. There are innovations that develop new processes: the use of robots in architecture is a very fascinating topic and, in the background of the utopias developed by Archigram in the second half of 1900, are known the designs of Gramazio and Kohler<sup>5</sup> and their trials intended to understand how robots can represent a tool for the raising of the sustainability level of the buildings processes<sup>6</sup>.

The complexity of these product and process innovations, needs to be explained to overcome the usual barriers that the construction sector puts on what lies outside the traditional

3. The principles of Hanover, drawn up for the construction of buildings for Expo 2000, propose the following definition of sustainability: "The concept of sustainability has been introduced to combine concern for the well-being of the planet with continued growth and human development. Though there is much debate as to what the word actually suggests, we can put forth the definition offered by the World Commission on Environment and Development: «Meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs». In its original context, this definition was stated solely from the human point of view. In order to embrace the idea of a global ecology with intrinsic value, the meaning must be expanded to allow all parts of nature to meet their own needs now and in the future" (McDonough, 1992).

4. Ecovative, a company that works biomaterials, thanks to the controlled growth of the mushroom mycelia, can produce a material similar to a polystyrene or polyethylene foam. With this technology we can bind loose materials, such as wood chips, and produce laminated chipboard without the use of traditional adhesives (with or without formaldehyde).

5. As "Structural Oscillations" for the Biennale in Venice in 2008: a wall of a clinker brick head that extends for a length of 100 meters and is realized with a series of modules of 4 meters in length made from the mobile unit R-O-B: the positioning of the bricks occurs following an oscillatory pattern that increases the stability of the construction since each curve in the lower courses of the wall is balanced by a contrary curvature in the higher classes. It is this dynamism that gives expression to the building. (Gramazio, 2014)

6. Designers explain the approach to the environmental sustainability of the building with the slogan *make from less*. "If materially efficient building process are key factors for a sustainable development of the built environment, then robots with their unique constructive capacities must necessarily play a central role" (Gramazio, 2014). In "Rubble Aggregations", for example, the robot assembles a structure composing from the demolition debris of a previous reinforced concrete construction: the robot detects, scans and calculates the relative position of each fragment useful to create a new structure that takes shape in a short time.

«know-how»); furthermore, it is necessary to describe the importance of these innovations depending on a desirable environmental sustainability. To aim at building sustainability also means rediscovering past techniques or enhancing products already available which, in the light of new requirements, increase in value (are valued craft practices and local technologies); in this case too it is required a correct information of all the stakeholders. The value of innovative products and process is influenced by the content, the type and the form of the information that go with them; all this leads to the definition of semantic innovation (the innovation of the meaning)<sup>7</sup>, that must stand beside the product and process innovation, considering the fact that it is equally important to achieve the innovation in the building sector. The definition of innovation perimeters help us to understand the articulation and the development areas of technology research, but it is also a strong simplification because every product, process or meaning innovation influence other areas.

Innovation is an action similar to a process that, like all processes, is the result of activities such as production and transformation. A peculiarity distinguishes innovation from other processes: the main factor in production and transformation is knowledge. The innovation processes generate new blocks of knowledge, it connect to each other and turn them into innovative products. During the production phase raw materials and resources can be expensive but they are always relatively easy to find and work in the transformation process; the knowledge, on the contrary, is hardly acquirable through market transactions.

Each design that uses technology and advanced equipment or procedures, which permit more light operations, it can be considered an innovation. Robotics, computer science, biology, electronics (and others) are areas of study that can interfere in a virtuous way interference in the design: adding levels of knowledge. It is not right to give up to the idea that the design is adapting itself to the incessant development of some research and

7. If we can distinguish product innovations from process innovations, then it is also possible to identify the innovations that influence the meaning the product or the process have, when they are explained and illustrated following the requirement of sustainability. The product that is in an advantageous position in the market thanks to a strong semantic value, may have comparable functions or costs compared to similar goods, but it meets more other needs. The product, rather than “working better”, it “makes more sense”, that means that it meets in a better way the values of the socio-cultural model linked to sustainability (Barucco ,2014).

human knowledge areas; on the contrary, we should look for a dialectical link between the design and the innovations developed outside the building field. In the construction phase, every innovation can be applied only if considering its value in use and this helps to integrate the most different innovations in architecture. It is the use of a product or process, such as a knowledge, that can transform an idea (a good idea) in innovation. Precisely this «value in use» is the key to understand the possible future development of technology and innovations. In the 70s, during the university reform, the fundamental value of the architectural technology was one of the main topic of discussion, and the course of construction elements became the course of architectural technology. Marco Zanuso declared that the scientific and political content of his course at the Politecnico in Milan were intended to develop “instructions, as much as possible unscrupulous and possibly unpublished, of the existing technical tools” (Zanuso, 1970)<sup>8</sup>. The value in use of innovative products is therefore to search through new and unscrupulous experiments which make the laic designer, who has no prejudice or affection, the actor of a process of continuous improvement of the building and of his work.

The set of innovations and innovative products offered by the technology of the architecture is difficult to describe. The publications of the SAIE of Bologna, which have accompanied for decades the evolution of the building sector, can offer an insight into the developments and the innovations thanks to their attention not only to the diffusion of the sector novelty, but also to the debate between research, production and design (Rossetti, 2010)<sup>9</sup>. Recently, the increase of foreign trade and the expansion of communication<sup>10</sup>

8. Excerpt from Crespi L., Schiaffonati F., *L'invenzione della tecnologia. Il processo di costruzione disciplinare della tecnologia dell'architettura*, Alinea 1990. In such a book are cited some pages of Crespi R., Fiori L., Seassaro A., Zanuso M., *Proposta per la definizione di "un'area di ricerca tecnologica" nella Facoltà di Architettura di Milano*, 1970.

9. Remember the series of catalogues *Guida alle novità* published by the SAIE between the 2004 and 2010: it is clear that the Technical Committee want to classify the new and innovative products, their technical features and their performance in relation to key issues such as the sustainability, the efficiency of the construction site works, the maintenance and the contribution to the raising of the quality of the design. This series of catalogues is the result of the collaboration between ArTec, archive of the techniques and the materials for the architecture and the industrial design, structure of the IUAV University of Venice, and SAIE, International Exhibition of the Construction Industrialization.

10. Becoming increasingly targeted, thanks to the modern data analysis systems supported by the IT revolution.

have favored the increment of innovative proposals, and all that clashes with the crisis of the Italian real estate sector (but not only of the Italian one). These reasons question the organization of the fairs of the building sector, which are struggling to contain the kaleidoscopic world of products and processes related to the design, the construction, the maintenance and the demolition of buildings. The count of the patents may allow an approximate estimate of the number of innovations but does not describe the richness and variety of the solutions; probably, the materials libraries represent the best way to learn something about the capabilities and the uses of innovations in construction. Every small or great entity keeps tracks of every revolutions and development of the construction sector, the description raises the awareness of the articulated comparison between designers, builders and users. Each materials library, preferably if it offers an open and free consultation, allow us to glance at the wealth of innovations that is the subject of study of technology and the network (not necessarily formalized) of materials and digital archives gives a clue and help to avoid the imposition of restrictions to whom research the innovation of material and intangible tools in construction field.

#### **CAPTION**

**1. The number and variety of innovations is difficult to estimate and often the ways and forms of the new communication are such that debase the technical content in favor of a multitude of inputs, sometimes redundant. Mario Perniola describes this condition as a kind of “communicative chaos” (2004) which cancels the size of the content through a “show of force” which, thanks to communication, seeking prevarication instead of confrontation. In this way the information networks of the past are opposed to innovation inherent in the new dynamics of relationship between stakeholders. One way to overcome this difficulty is to recognize the value of the sources of legitimacy of the communication, recognize the value of the work of those who analyzes and interprets. This is what makes the materials libraries: collect today’s innovation and preserve the memory of the innovations in the history of architectural technology. Every story, every materials library, develops connections, articulates the innovation support network, and defines its own planning role.**

**2. A page of the patent US 2015/367588 A1 signed by Fabio Gramazio and Matthias Kohler Robert Flatt and Ena Lloret Kristensen: a mechanical arm and a special device for casting the concrete permit the construction of vertical and sinuous structures through a series of programmed movements on the horizontal plane in relation with the elevation of the vertical casting. An opening is attached to the robotic arm, from the opening comes out the concrete, the shape of this opening may vary and so it is possible to realize pillars or walls with different types of horizontal section. The patent makes clear that the casting takes place continuously, without interruptions due to the repositioning of the formwork for the vertical displacement of**



the axis, for the translations on the horizontal axis or to vary the section of the cavity.

Crdt.: the patent US Patent 2015/367588 A1 is public and free consultation.

Crdt: ArTec, Archive of techniques and materials for architecture and industrial design. System of the Laboratories of the Iuav University of Venice

## Unexpected events and innovations

Nassim Nicholas Taleb, mentioning Juvenal<sup>11</sup>, calls “black Swan” the events that make the control of our lives, of our economy and our history unlikely, even though impossible. Taleb’s Swans influence trends, epidemics, manias, ideas, artistic movements, etc. and they can produce negative or positive effects.

A black Swan is a rare event, of a huge and unpredictable impact; with hindsight it is understood in its origin and its development, but we can’t foresee it before that we perceive its consequences. A grey Swan is a rare and important event too but, unlike a black Swan, it can be predicted by whom is prepared and has the tools to understand what is going on, so it can be managed rationally, although with difficulty.

These two «species» are strictly connected with the randomness that rules the world; the more black a Swan is, the more important is what you do not know than what you know, so the difference between the two «exemplary» lies in the possibility of predict facts, choices and needs linked to them. Looking at the history of construction in Italy, from the second postwar, we can identify (with retrospective consciousness) various Swans. The devastation of the building generated by the Second World War and the emergency of the reconstruction are certainly a black Swan for those who have lost their homes under the bombardments. This crisis will be more predictable and could be considered a grey Swan by whom makes the choices that guide the development of the conflict and determine the policies for the good of the nation. After the war, Italy was lying down and the economy was latent. The number of buildings destroyed during some of the bomb

11. Juvenal, between the 50 and 60 A.D., denounced the moral corruption of Roman society with its satire. Talking about the marital fidelity of women as Penelope, wife of Odysseus, he said that this was as rare as a Black Swan: *rara avis in terris, nigroque simillima cygno* (Juvenal, Satires, VI, 165)

attacks from 1942 to 1944 can exemplify the devastation: in Milan, during the bombardment in 1942, 470 buildings were destroyed. In the same year, Genoa was hit six times and 1.250 buildings were destroyed. Turin underwent seven bombings in which 142 hectares of built-up area and almost 1.950 homes were destroyed. The recovery season went with the Fanfani Plan (Law number 43 of the 28 of February 1949)<sup>12</sup> and the choice to base the economic recovery on the construction can be explained by the fact that the construction sector was not subject to imports and did not require high technologies but undifferentiated manpower. The population shows, on the one hand, the deep disappointment for the defeat and, on the other hand, the desire for rebirth and on this desire of rebirth is based what the Cresme (Economic and Social Research Center of the housing market) identifies as the first building cycle (AA.VV., 2012). During the first building cycle the close bond between the trend of the construction sector and the economy was settled: it was a black Swan for the majority of the Italian and a desirable grey Swan for whom, looking at the general context, was studying the history, the architecture and the economy of the nation and, while doing that, made choice to support the recovery.

The Cresme, after the reconstruction that followed the war, identifies other following building cycles: they are Swan too and they are grey or black depending on what we choose to consider between the details and the general context of articulated and complex situations that are always improbable to predict (or only in part predictable). The driving forces of these cycles are the real estate boom, the population increase, and the growth of the spending; this scenery remains unchanged until the fifth cycle (80s), when the home began to express with strength the social status of its owners. The sixth building cycle is supported by the financialization of the real estate business, and the last crisis of the building sector is justified in part by the development of the market in this direction. The discontinuities noticed by the Italian construction industry are the result of an accumulation of facts and issues and of a progression of awareness and needs. Follow Taleb's recommendations, in order to understand the dynamics that are cause and consequence of the Swans, force us to consider the Italian construction industry like a «detail» in a broader context.

12. Law n.43 of the 28 of February, 1949. Measures to increase the workers' employment, facilitating the construction of houses for workers. (General Series 54 of 03.07.1949).

If we look at the technological innovations that have led to the development of the steel structures, the use of the concrete and the search for energy efficiency, even the cycles described by Cresme change in their importance: the framework useful to understand the potentialities of the black Swans has global and not national dimensions. The depth of the context of the Swans determines the attitude of those who are able to exploit their opportunities: “we must not dwell on the details” (Taleb, 2009) that characterize the standard during periods which are calm and limited in time and space.

Looking at the graphic proposed by the Cresme, considering the relevance of the various cycles and remembering that we should not dwell on the details, we can notice that the first building cycle shows a longer growing period, while the following ones are faster in the growth and in their decline. The difference is the great importance of the first cycle: after the war not only Italy but also other European countries were under reconstruction. Probably, the same thing will happen in the seventh cycle (which we live), it is globally supported by users that define the quality in relation to the environmental, economic and social sustainability of the buildings. The scale (global or local) determines the relevance and the unpredictability of the Swan for the seventh Cresme cycle of the construction industry (for some, who will understand it, it will be certainly a positive Swan).

Another attitude that allows us to benefit from the catastrophe theory (Tonietti, 2002) as by the getting closer of the Swans, is the focus on what we do not know yet, using “the unread books” (Taleb, 2008), and do not consider knowledge as a treasure but as a subject of broad sharing. Focus on unread books means recognizing that what we do not know has a great importance, much greater than the one that all the knowledge, that each of us may acquire during the lifetime, have. It means considering “the library as a business tool”, without falling in “the anguish of knowledge” (Eco, 2006) and admit that the “black Swan comes from our lack of understanding of the probability of surprises of those unread books, because we take too seriously what we know” (Taleb, 2008). By virtue of this attitude we can give a definition of architecture<sup>13</sup> or better, move the center of gravity of what has been relevant for the

13. Taleb defines “anti-library” the library in which the unread books are more important than those read; “Anti-scholar” those who give more importance to what is to be studied yet; “Anti-curriculum” the description of ourselves based on what is not known and has not done yet. Probably, Taleb would call “Anti-Architecture” what is described with the Tam Associati definition.

design from what we know to what we can learn in a constructive dialogue with people and places: "Architecture as care act, such as the ability to listen to the needs of a community and of a territory, such as the sustainable management of technical resources, as a creative response to complex problems with simple solutions" (Studio Tamassiaci, 2016).

If rare events become dangerous blacks Swans when the gap between what we know and what we think we know gets too wide, it is necessary to understand that what we can control is only a small part in a bigger context. Especially if we consider that the increased complexity of our world is cause and consequence of the technologies that allow us to be anywhere at any time. The globalization intensifies network effects and develops relationship and interdependences not only at an economic level, but also at social, cultural and industrial level. "Evidently the geodetic and climate events (such as hurricanes and earthquakes) have not changed much in the last millennium, but their socio-economic consequences are different. Today, an earthquake or a hurricane produces more serious economic effects than in the past due to the interdependent relationships between different economic entities and the intensification of the «network effects» [...]. Phenomena that in the past produced limited effects now have a huge impact" (Taleb, 2008). The sources of the blacks Swans have increased since the bonds of the networks that connect us to others have expanded significantly, the reading of the cycles identified by Cresme can take advantage of this knowledge to calibrate a new unit of measurement for the definition of «building cycle». Looking at the graph and considering the history we can recognize a similarity between the first and the seventh building cycle: they base their relevance on something that goes beyond the Italian market and, consequently, what happens in Italy is only a small part of some larger transformations that belong to a larger scale (a European scale for the first cycle; a global scale for the seventh one).

#### **CAPTION**

1. "On a planet reduced to village size by new media, cities themselves appear quaint and odd, like archaic forms already overlaid with new patterns of culture." (McLuhan, 1964). In addition to the city, even the natural environment and national policies are comparison themes, globally. This satellite image shows deforestation of Haiti. The border between Haiti (left, devoid of vegetation) and the Dominican Republic (right) can be seen clearly, this is a symbol of the international debate on the preservation of natural heritage.

**Crd:** photography created by NASA, taken by the Hubble Space Telescope, public domain documentation.

2. Investments in construction from 1951 to 2016. The seven waves identified by Cresme describe the trend of the Italian construction market. The current economic situation shows signs of recovery from recession, however, remain strong elements of uncertainty related to international trends such as the slowdown in growth in emerging economies (such as China) and the uncertainties related to stock exchanges. However, in 2015, the Cresme is confident towards the start of the seventh building cycle, in the wake of the fourth industrial revolution, which will bring new opportunities and new skills also in the construction market (this is the direction that the Cresme suggests to defining their business strategies).

Crdt: Graphic developed from that proposed by Cresme Report of 2012.

## Production and product revolutions

Expand the field of investigation beyond the cycles of Cresme and think about the innovations in the construction industry is not easy, but look at the history of innovations in the field of construction and the years in which the discipline of architectural technology started can be a way to meet the challenges of current and future Swans. "The discovery of the presence, throughout history, of cyclical times, which occur at regular intervals, beating their rhythm, fascinates who make it, with a disturbing but compelling charm, and satisfies the effort to work on material that is often difficult to interpret" (Crespi, 1990). These cycles, waves or periods have a similar evolution but different amplitudes, frequencies and phases, they affect diverse fields of knowledge and are recorded in relation to different parameters (the GDP, the number of registered patents, the price of oil...). This allows us to emphasize what characterizes the present: the width of the field of investigation. Maybe it's just an illusion that growth and crisis can scan the history through territories and cultures, but we know for sure that today we are attending a global synchronization of the perception of black or gray Swans, positive or negative, of the crisis and the rebirths.

The cyclical trend leads us to assume that «every crisis follows a rebirth» and feed the hope of finding, with a retrospective analysis, the resources we need to deal with the future revolutions. This assumption, in a period of global economic crisis, is a tantra of many publications devoted to economic analysis; a tantra that is perhaps excessively optimistic, but "it is possible [...] that, from the ideology of the revolution [...] we should go

to the utopia that, in the most difficult moments of the history, has achieved some results” (Rossi, 2010). With this assumption we accept that Utopia is a contagion, we research the correlation facing a design that justify the definition of “revolution” and we confront the challenges of the design and the technological design<sup>14</sup>.

Economic sectors, industries or even politics and nations are often defined as «winners» and «losers» in the cyclicity; the difference between these two fortunes is based on the link with the old areas of growth, outclassed by new technologies which assert themselves with abrupt changes or through the accumulation of incremental changes. During the post-war reconstruction, in Italy, reinforced concrete and hollow bricks recorded success, these technologies outclassed others of previous use. The Italsider publications, in order to promote in our country the use of hot or cold formed steel profiles, didn't receive approvals by the market and could not compete with the use of the concrete poured in site. Despite the research and the enthusiasm of many, the prefabrication never diffused effectively in order to realize civil buildings but still remains an excellent solution for the construction of buildings for the industrial production. «Winning» and «losers» products: new areas of growth, hardly practicable solutions, experimental applications,... all analyzed in relation to the tendencies of the «before» (before the innovation, before the crisis), and all evaluated (from the economic point of view, too) on the basis of those that are the needs and the driving forces of the «after». Products, production and a number of «before and after» that usually are recognized as technological revolutions, and subsequent industrial revolutions.

About the number of these revolutions, there are two schools of thought: some suggest that we are in the middle of the third industrial revolution, others talk about the fourth

14. Life is atrocious, we know. But precisely because I expect little of the human condition, man's periods of felicity, his partial progress, his efforts to begin over again and to continue, all seem to me like so many prodigies which nearly compensate for the monstrous mass of ills and defeats, of indifference and error. Catastrophe and ruin will come; disorder will triumph, but order will too, from time to time. . . . Peace will again establish itself between two periods of war; the words humanity, liberty and justice will here and there regain again the meaning which we have tried to give them. Not all our books will perish, nor our statues, if broken, lie unrepaired; other domes and other pediments will arise from our domes and pediments; some few men will think and work and feel as we have done, and I venture to count upon such continuators, placed irregularly throughout the centuries, and upon this kind of intermittent immortality. If ever the barbarians gain possession of the world they will be forced to adopt some of our methods; they will end by resembling us ( Merguerite Yourcenar, Memories of Hadrians)

revolution. Such a wide investigation field for the research, the industry, the economy and the society (as well as for the technology and the design), requires generalizations and confirms the human tendency to search for pure and well defined forms. The risk lies in «confusing the map with the territory» (which is much more complex), the advantage is the ability to offer a narrative that (like a translation<sup>15</sup>) can be evaluated critically in terms of its concordances with a school of thought rather than another.

Who counts three industrial revolutions is often comforted by Adam Smith's idea. Adam Smith published "The Wealth of Nations" in 1776. It is one of the reference texts of the liberal economy, in which the author explains how we can identify the three key factors for the development of productivity: the work, the capital and the land. From this point of view, the first revolution increased its productivity thanks to the human labor, the second industrial revolution is linked to the capital and today, after the explosion of the subprime mortgage bubble, we should be at the dawn of an economic revival with a new meaning, a new value and a new productivity based on the potentialities of the earth. This third industrial revolution widens Smith's definition and includes in the term «earth» all that relates to the management of natural resources (Heck, 2014).

Who counts four industrial revolutions takes greater account of the demand rather than of the production, this vision is called Keynesian. Reflecting on the Wall Street crash of '29, John Keynes published his "General Theory of Employment, Interest and Money" (1936) and stresses that, in some circumstances, it is necessary the State intervention in order to support the demand and to facilitate the increase of consumption, investment and employment. Agreeing with Keynes, the first technological and industrial revolution is identified with the steam engine (textile industry), the second with the oil and the electricity (mechanical industry), the third with the exploitation of nuclear energy, with the development of global scale economies and with the innovations in the telecommunications sector. Therefore, we are at the dawn of the fourth revolution, recognizable in the amazing growth of the volume of data and in the processing power of the new forms of in-

15. Gianfranco Folena, in an interview for La Repubblica in 1991, explains that translating is necessary, that every civilization comes from a translation and that the concept of translation cannot dissociated from that of interpretation. An interpretation which is a leap into a different cultural universe and into new reference systems; therefore, it is comparable to a narration ( Lilli , 1991)

teraction between man and machine. Facing the sustainability demand, both the product of the nature and the product of the human work are measured with a new scale of values (global) and the majority of the industry is oriented towards the promotion of goods or immaterial aspects of the work (we talk about increased reality, advanced robotics,...) (Schwab, 2016).

The fourth industrial revolution, like the previous ones, has causes and consequences which are key factors of the social development; the repercussions in the production can be summed up with the development of the automation linked with the introduction of Information Technology (IT) systems in the business world and, particularly, in the production. This is of great interest to the economists and, recently the topic has been the subject of investigations and information campaigns in Italy too (Il Sole 24 ORE, 2015). Furthermore, there is a debate about the degree of innovation inherent in the introduction of the Information Technology. Probably, there will be black and gray Swans in various productive sectors and areas of work; also the construction industry will be an area influenced by big data and advanced technologies such as robotics.

Resuming the impact that these revolutions have on the technology, the innovation and the design, we can find difficult to count the positive and negative peaks of GDP or the graphics that describe the evolution of prices (updated or not) of goods which are the gauge of the economy of one or more nations. The study of the thought related to these events is equally complex. However, talk about industrial revolutions from the point of view of technology could be convenient: it's unlikely that an innovation in architectural technology is identified only as something new that outclasses something old. In most cases the technological evolution, makes us "standing on the shoulders of giants" (Riemen, 2006); it proceeds through incremental innovations that follow the same direction in order to face the crisis generated by the inability of the available technologies to meet the market changes, the users' needs, or the come to light of new markets.

#### **CAPTION**

**1. Photograph taken by Lewis Wickes Hine in 1931: it portrays the workers who build the Empire State Building. The three men on the right: the first receives (on the fly) a glowing rivet, others are intent on blocking and beat the rivet after passing it in the holes for the joining of the beam-column node. The Empire State Building, as well as being a symbol of the crisis of '29 and the subsequent economic development, is also a testimony of the**



technological innovations that have influenced the development of the history of technology and the whole design.

**Crtd.:** The Miriam and Ira D. Wallach Division of Art, Prints and Photographs: Photography Collection, New York Public Library (digital collection: [www.digitalcollections.nypl.org](http://www.digitalcollections.nypl.org)).

2. The graph shows the changes in per capita GDP every 25 years starting from 1760, columns identify the data relating to the UK and the US. The shaded backgrounds help to recognize the technological revolutions are on the threshold of the third industrial revolution (according to Smith's vision of the economy) or fourth (following a Keynesian approach): in any case, there will be a redeployment of skills, talents and energy which will open to new forms of production but also of design and construction, and property management.

**Crtd.:** graph produced from data provided by The Economist in October 2014.

## Network and tools 4.0

The set of technological innovations related to new forms of relationship between the design and the production is called «4.0»<sup>16</sup>; the 4.0 industry is characterized by production of materials, systems and components in areas liable to the information technology innovations, such as those who require high-precision productions. We can talk about 4.0 regards the architectural technology, even if not always, watching the construction site, we can see this innovation: we can suppose that the complexity of the building process «hides» the innovations in the individual phases that compose it, but it is not for this reason that they are less important.

The approach of 4.0 to the world of the design and the construction is the result of progressive and probably unavoidable innovations (such as Taleb's Swans). During the construction of the plant in Segrate, Marco Zanuso, inspired by the relationship with Adriano

16. The term or, rather, the numerical symbol "4.0" has been borrowed from the world of the Web. The Web 1.0, internet, was created to allow the consultation of static hypertext documents. Thanks to the evolution of scripting languages, it was possible to insert dynamic elements but, above all, there has been a change in the users' approach: with the Web 2.0 it's now possible to feed the Web with its content. The number of internet developments open up doors to artificial intelligence, the semantic web and the possibility to process a large amounts of data: we talk about Web 3.0 when referring to a media reality in which there is less distinction between the professional and the consumer and stood out the network effect for the development of business and applications .

Olivetti and the collaboration with IBM, gave a definition of systemic philosophy removing the charm of the intuition from the novelties and the innovations of architectural technology and emphasizing the role and professionalism that the succession of new solutions impose on the architect; Zanuso talks about a “multiplicity of functions and complex disciplinary convergences used at a cybernetic level” (Zanuso, 1977). Nowadays, this is a central theme in the development and definition of architectural technology.

Zanuso saw the innovations related to the increase of the complexity of the technological system (thanks to the use of computer systems) as we perceive them today, as a difficult and not always attractive topic: this kind of innovations hide the specter of the loss of jobs, followed by the introduction of robots and computers<sup>17</sup>. The ongoing innovations seem to cause biggest upheavals than the ones recorded in the previous industrial revolutions, the reasons may be listed in order of speed (everything is happening much faster than what happened in the past), amplitude (many radical changes take place in the same time) and depth of the transformation of the cultural social, and economic system, and of all the others systems, considering the global communication.

The set of factors that drive the 4.0 innovation produces a variety of changes, and in particular: the new technologies will change deeply the nature of people’s work. How far the automation will replace the human labor? Certainly, there will be a replacement of part of the man’s work with that of robots and computers; the workers, unless they find new job positions and without adequate labor policies, will be unemployed. Secondly, this imbalance will generate a new capitalization that, if accompanied by a rational economic management (mentioning Keynes) will increase not only the demand for new goods and services, but also for new working qualifications; theoretically, this will lead to the creation of new job positions, new companies and industries<sup>18</sup>. Focusing on the value

17. Futurologist Jeremy Rifkin describes in these words the lights-out production (which does not require human intervention): “Anxious not to be left behind, many of China’s largest manufactures are quickly replacing their cheap workers with even cheaper robots. Foxconn, the giant Chinese manufacturer that produces iPhones, plans to install one million robots in the next few years, eliminating a large portion of its workforce. Terry Gou, CEO of Foxconn, whose global workforce totals more than one million, joked that he would prefer one million robots. «As human beings are also animals, to manage one million animals gives me a headache».”(Rifkin, 2014)

18. The cinemas gives an idea on the perception of computer systems in work environments. The film “The Desk Set” describes the office of a large company in the ‘50s: Katharine Hepburn and Spencer

in use that all the innovations of the construction sector have (even the most complex scientific or technical innovations,...) we can hope that the 4.0 technological innovation is an opportunity, and not a threat. In fact, despite the uncertainty of this revolution, there is a certainty: everything must necessarily have a practical application, a «value in use» that stresses the technical virtues of the current innovation in a complex context such as architecture, that is characterized by higher and higher performances.

It's crucial that we understand when the effect of the new capital will overtake the effect of the destruction, and how much time will be needed in order to develop this process. Destruction and opportunities are described by the data collected at an international level by The Architects' Council of Europe<sup>19</sup> and at national level by the survey of Cresme (AA. VV.,2016): the employees in the sector perceive a deep crisis (due not only to the arrival of the 4.0 industry); there are also positive aspects, related to areas that match a demand directed to the energetic efficiency and to advanced technologies; these are solutions to an increase in the quality of the real estate not only during their implementation but also during their useful lives, therefore they are directed to the building maintenance. All the design choices and the technologies (not only the ones of the plan building) that allow a detailed design, an implementation and a verification of the efficient functioning of the building, match this demand.

Innovative products and processes are the solutions for these issues, they facilitate the management of the real estate even in critical context, such as the case of the Light-weight Steel Frame technology, that is exploiting the 4.0 in order to transform a rigid and regular mesh into a flexible and customizable structure (Barucco, 2015). The CAD/CAM<sup>20</sup> design allows to produce quickly the steel elements required for each specific design, it start from the drawings which will be used to set up the building. The state-of-the-art machines are able to realize various shapes and processing: they modify the axes and

Tracy argue, she (Bunny Watson) are afraid of losing their jobs, he (Richard Sunnet) is the engineer who invented Emerac, an electronic machine (one of the first computer to appear in a comedy). The machine does not replace Bunny in their work, but it helps.

19. These arguments refer to the third report entitled "The Architectural Profession in Europe 2012", commissioned by The Architects Council of Europe to Mirza & Nacey Research Ltd. This document will be updated every two years, and is available to website [www.ace-cae.eu](http://www.ace-cae.eu) (April 2016).

20. The computer-aided design (CAD) and computer integrated manufacturing (CAM).

the positions of the elements operating on the conveyer belt and realize the holes for the screws, the flanges and the shapes for the clutch and the intersection of the beams. The BIM<sup>21</sup> technologies also allow the coordination between the various specialists who design and implement the building, there is therefore a further and a drastic (if not complete) reduction of the margin of error in the transition from the design to the production of the material in the workshop and, subsequently, in the assembly in building site: all this allows a more quickly building and a sharp contraction of material waste.

The Lightweight Steel Frame also takes advantages of the relationship with another important topic of the 4.0 industry: the internet of things, thanks to which products can interact with users during the use phase. It is possible to install seismic sinks on the bracings of the Lightweight Steel Frame structure, these bracings, deadening the seismic waves, make the Lightweight Steel Frame even more effective in the absorption of energy (kinetic energy) that is transformed into electricity for the sinks and the sensors that communicate with the users of the real estate and ensure a higher degree of the safety of the building<sup>22</sup>.

Recent research about the automation of jobs (particularly, a research published by McKinsey Digital in 2016) reveal the advantages associated to artificial intelligence and robotics. These indications point out that, so far, only a few first steps have been made in the direction of the 4.0 factory. On the other hand, the automation is not a novelty for the production activities such as for the production of components for the construction site. The BIM planning and the production of products made *ad hoc* for each building, link these innovations with the construction products (Borin, 2016); robotics and cybernetics should improve the construction site too, as encourages the new Procurement Code, and as demonstrated in the construction of the UAE and Venka pavilions during the Expo in Milan. The current situation is different from what we can learn about the economic and in-

21. The text refers to the use of digital representations that are shared by the description of an object or a building (BIM - Building Information Modeling). Such information sharing facilitates the choices regarding the design, construction and management of buildings.

22. The dampers absorb the seismic waves, and sensors detect the movements of the structure and alert in the case where the structures have static problems. The best known are the "Shequas", a product developed by Sekisui House. This solution has been accredited by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan (Sekisui House, 2013).

dustrial crises and revivals: the relationship between automation and the change of the industrial economic patterns accelerates the improvement but it's not enough to allow an approach to a new business model; the automation can only make a process faster, more reliable and cheaper. The new instruments can also radically change the supply and, consequently, can change an organization or an entity linked to the change in demand and supply, but business change is not necessarily the result of an innovation of a process automation. We need to approach the technology design in a different way.

We should also consider the aspects related to the information technology, such as the volume of data available for the analysis of the state of affairs, the possible developments of each design, and the speed with which new data can be generated and the variety of these (that may result from any kind of sources). On one side there is the river of information passing through the internet, on the other, the digitization that is becoming more and more pervasive in all areas of the production and the design. Looking at the ETH Zurich<sup>23</sup> research it is evident that the computer science and the robotics can support the materialization of the digital through a confrontation with the architecture. Such a statement is almost a paradox in comparison with the debate on the dematerialization of the real world, but that allows to insert, with even more force, Zanuso's reasonings about the technology and the value in use of the construction products in the principles of the design. The interdependence between the 4.0 industry and the design, relationship developed through the research and the new tools for the design, is the foundation of architecture in the digital era, a digital that becomes tangible thanks to the work of the designers. The transformation of the robots lies with the architects which, studying the relationship with the users, can develop new human-sized construction processes, symbol of a reform of the architecture.

Gramazio, Kohler and Willmann argue that architecture will lose sense if we don't renew the constructive culture and we don't introduce new materials (Gramazio, 2014) and, probably, the foundation of architectural technology lies in this tension towards the innovation of the product, the process and the meaning. A technology that, also in the design

23. The Swiss Polytechnic Institute is among the most important research centers in the world. In 2005 here it was opened the first laboratory robotics applied to architectural design and construction of buildings.

and the construction, has the opportunity to prove to be “one of the main economic development tools since the industrial revolution” (Zeleny, 2002), even if, today, this technology is often reduced to formulas that study macroeconomic trends or it is forgotten within physical components (computers, robots, drills, innovative construction products...). This kind of simplification is not correct, especially in the era of the information technology and of the knowledge or, more simply, in the era of the high technology. A technology that must be not only managed, but also developed through advanced engineering research.

#### **CAPTION**

1. The building designed by Norman Foster for the UAE at Expo Milano 2015: the forms are expiring at the dunes, which were scanned and reproduced on large slabs that define the walls of the building, which is 13 meters high. The number and type of nodes of the metallic support structure and irregular shapes of the fiber-reinforced concrete coatings were designed and constructed thanks to BIM. In this way it was possible to work with a shared digital representation: BIM has facilitated the design, construction and management of the construction process, which includes (after the Expo) reconstruction of the building in the UAE.

Crdt: Daku Italia s.p.a. (thanks to Marino Fantin).

2. A page of the patent US2016207220 A1 recorded by ETH Zürich. The patent describes the construction of a three-dimensional structure, the method also allows the realization of reinforcement for buildings in reinforced concrete.

The robotic arm drives a nozzle which extrudes a plastic filament that, following a scheme in detail studied, develops a network. The accuracy of the instrumentation and the detail of weaving allow the creation of structures with sinuous forms, impossible to achieve without the support of information technology and robotics.

Crdt.: the patent US Patent US2016207220 A1 is public and free consultation.

## **Ecosystem Dynamics**

The quality and the reliability in the construction, from which the discipline of architectural technology developed, today are not denied or forgotten: the importance of these topics increased thanks to novelty of the fourth industrial revolution and, in particular, thanks to the need to supplement the project design with a wider interlocutors system.

The interrelationships between the individuals and the environment can be defined as an “ecology of the information” (Ratti, 2014). A system that has balances and dynamics, that

answers to questions and issues, that pretends, demands, suggests and gives feedback about the design and the designer, defining what it may be considered a real reputation. According to this definition, the information about the design is organized into a kind of «ecology of the building», defined by the size of communication, and then by the means of the communication.

The city is not only the place, but also the symbol of the dynamics of relationship between people (Mumford, 2013); for centuries, cultural products such as the language, the cuisine and the architecture have taken shape along the urban infrastructure (the shapes of the city) and the invisible infrastructure (the relational networks of the city). The development process of these cultural products takes the form of an evolution and, sometimes, of a revolution; for a long time it has always been about processes based on the interrelationship of a «face to face» human confrontation. The press and, recently, the radio and the television have upset the interaction infrastructure, as they have always existed and made them unidirectional (the radio talks, the man listens to it and can't answer): it is no longer a dialogue, but a monologue.

The 4.0 revolution and the modern media take back the ecology of the information to the dynamics of a time, in which the confrontation (which created the conflict and agreement of intent) is the driving force for the development of each design<sup>24</sup>. For this reason we should define the current era a «global village», or a city to build with new materials, new ways of designing products and production processes. We could also hazard the definition of a megalopolis where new forms of interaction and work, logistics, marketing, processes of creation and production, value and supply chains take shape.

The standard for the definition of quality and the reliability of the building rise too, these are defined in relation to the emergence of the needs and the development of the technologies that will characterize the fourth industrial revolution: we can't know in advance what will bring the 4.0 industrial revolution 4.0 but we can develop questions and foreshadow scenarios in which doing some researches. There are countless organizations and studies that prefigure and sometimes even list requirements and performance of the building in the global village; the World Economic Forum and the financing call of Horizon

24. "Societies have always been shaped more by the nature of the media by which humans communicate than by the content of the communication" (McLuhan, 1967).

2020 bring out key issues related about the environmental compatibility and often these issues have in common the level of diffusion of the digitalization and the information technologies.

The architectural technology not only keeps track of the products and process innovations but also of their way of interpretation and evaluation. The border between an area of innovation and another one becomes more and more subtle as performance and features, that were unimaginable a few years ago, develop: lighter materials, products related to monitoring systems that are better performing and fully recyclable, and these are only some of the features of the innovations that pervade the construction industry.

An example of performance improvement: some important researches are discovering the potential of graphene, a material developed for use even in a number of productions useful to the construction industry, dedicated to improving the quality of systems and components. The problems to overcome to achieve this result are related to the thickness control during the exfoliation, process necessary for the production. Graphene has two hundred times higher mechanical strength to steel, and it can be produced at a thickness a million times thinner than a human hair; is a good conductor of energy, it is almost transparent but it is so dense that not even helium (the smallest atomic gas) can pass through it. Some experiments show the effectiveness of graphene in the photovoltaic production, in substitution of the metal elements necessary for the realization of graphite / semiconductor interfaces; with graphene these parts are extremely stronger than those made with metals. The stability at room temperature is high, and the ratio between surface and volume is exceptionally high: these characteristics show the potential of graphene in the field of gas detection, but other experiments show applications in fields such as lighting, desalination, etc. (Di Francia, 2011).

On environmental sustainability, the research are showing the potential of new thermo-setting plastics that can replace non-recyclable plastic widely used in all cell phones and in all the circuit boards. This is the case of poliesaidrotriazine (PHTs), which are a new class of polymers with high features: strength, lightness, self-repairable, totally recyclable. The first applications are in the aerospace industry but, since they are very stable, they will find many important industrial applications even in construction. It is of plastics that have vegetable or animal origin (made from shrimp shells, for example), the PHTS are characterized for the simple management of the "end of life": the first, of



plant origin, are completely recyclable<sup>25</sup> and the process of recycling does not diminish the quality of the material, the latter, of animal origin, are completely biodegradable, and the decomposition process takes about two weeks (much less time than that required for biodegradable plastics that are now the most common).

These examples illustrate how to direct research towards the development of products and production processes, use, reuse and later recycling or end of life; this corresponds to the trend that rewards the dynamics of circular economy in which production, consumption and trade are designed to ensure that “the value of products, materials and resources is maintained in the economy for as long as possible, and the generation of waste minimised” (COM(2015) 614)<sup>26</sup>. By following these guidelines, it is possible to distinguish the bio-based materials, destined to return in the biosphere, from a technical source materials, designed specifically to lengthen the life cycle (Ellen MacArthur Foundation, 2013). The first type of material can be consumed and discarded with no environmental impacts, those of the second type are not biodegradable and therefore must be used for a long time and you need to design your reuse, recovery and recycling (Trojette, 2015). The innovations, even those in the field of architectural technology, are directed to the elimination of the concept of waste: research designing the life cycle of the goods and are aimed to the correct utilization of each resource by preventing loss of material and energy, whether working a product of nature that a product of the technique.

Consume goods that follow biological cycles means not alter the ecosystem balance when the wastes are released into the biosphere: the materials of this type can be reintegrated into the biosphere after their employment and without compromising the dynamics of the natural environment. Looking at the technical cycles, the man will not be regarded as a

25. In this knows the difference between the recycling process (*recycling*) and sub-cycle (*downcycling*). William McDonough explains that “most recycling is actually *downcycling*; it reduces the quality of a materia over time. [...] Metals are often downcycled. For example, the high-quality steel used in automobiles - high carbon, high-tensile steel - is “recycled” by melting it down with order car parts, including copper from the cables in the car, and the paint and plastic coatings. These materials lower the recycled steel’s quality. More high-quality steel may be added to make the hybrid strong enough for its next use, but will not have the material properties to make car agains”. (McDonough, 2002)

26. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*. Bruxelles 2.12.2015.

consumer, but as a user of material goods: each user of a product following a technical cycle does not throw away the products at the end of their period of use. Each product will be inserted in the recovery cycle and in processes of recycling of the materials that will valorise each part. The PHTS polymers are organic materials: they allow the project to different life cycles and, together with the animal plastics, can be inserted into the natural biological cycles without compromising the ecosystem balance. Graphene is a technical material: it improves the efficiency of product cycles, intended to be repeatedly reused, maintained, reused, refurbished, re-inserted in production chains or reused and recycled. The cost of raw materials rises, to name a few is enough to remember that since 2000 the cost of metals has grown by 170% and that of rubber has grown by 260%<sup>27</sup>; many other goods are following this trend, and the high costs are often linked to poorly availability of raw materials. Rising costs put a strain on businesses, and the economic system records the price changes that are the alarm bells of a future additional crisis, a crisis due to the unbridled consumption of resources, which is threatening not only against the market but also the ecosystem balance. The circular economy develops an industrial and economic strategy to deal with the problem caused by the “take-use-dispose” economy. Researches are working to improve production (and economic) processes related to processing of goods (technical and biological goods), to develop a better design of products (that considers the life cycle and not just the supply of a good) and to improve the supply and use chains (preferably relating it with the phases of production, reuse, recovery and recycling).

In the EU, the construction industry is responsible for a large part of the consumption of resources: half of the energy consumption, half of the material, and a third of water consumption are due to the construction, the maintenance, and demolition of buildings. The construction sector is also responsible for a third of all waste generated in Europe, these are the Construction and Demolition Waste (CDW) which could be recycled but now almost all are exploited for less than 50%<sup>28</sup>. The EU's purpose is to bring this threshold to 70%

27. These data are provided by the seventh program of action on environmental issues implemented by the European Union (7th Environment Action Program, EAP). The goal of this program is to guide Community policies until 2020 and give perspectives for development and orientation until 2050. Further information is available at: <http://ec.europa.eu/environment/action-programme/> (August 2016).

28. These estimates, unfortunately, does not effectively report the practices of each nation, because the

by 2020 (COM (2014) 398)<sup>29</sup> and the key orientations for improved performance indicate paths of development and innovation in waste reduction, in the life cycle design (eco-design), in the identification of the weak links in the supply and production chains as well as in the replacement of scarce raw materials with other simpler to find. For example: the ones from the recycling processes or identified through researches aim at increasing the level of the performances of the product, of the process and, in general, of the life cycle of the asset. The European Union combines these indications with the recommendations on the use of environmental sustainability certifications, thanks to which it is possible to communicate the choices made upstream, in the design and production phases of an asset, and we can also understand what cycles, reuses and recycles will follow at the end of what will be only a phase of the life of the product and not the «end of life» of it. To achieve the goal of bring the economic cycles near to the biological cycles of the Planet, there are no unique (suitable for all production and use) solutions, however, each choice has in common the tendency towards the improvement and towards a circular economy. This is based on the correct information about the value in use of construction products and about the meaning of the definition of their life cycle. Such communications should emphasize the importance of a good design of the products, designed and developed to follow the paths that extend the meaning of the value in use of construction products even outside the construction site: each asset places itself in a holistic view of human activities, even the building ones, in order to follow virtuous cycles and recycle for the ecosystem.




#### **CAPTION**

**1. An American copper mine in a photograph from the early 1900, is evidence of the impact caused by mining. Crdt.: The Miriam and Ira D. Wallach Division of Art, Prints and Photographs: Photography Collection. New York Public Library (digital collection: [www.digitalcollections.nypl.org](http://www.digitalcollections.nypl.org)).**

evaluation system of CDW is not uniform among all EU countries. In Italy, for example, not all companies are obliged to fill in the Mud (single model of declaration) on the waste taken to landfill, and often changes in Cer codes (that specify the type of waste) complicate even more the estimates.

29. COM (2014) 398 - Communication from the Commission - Towards a circular economy: the program for a Europe of zero waste.

2. Table analyzes the possible shortage of resources for the construction sector, the data is updated to 2009.:

-  sustainable, for now
-  some problems
-  significant impacts risk

<sup>1</sup> in billions of dollars

<sup>2</sup> available reserves, according to the annual exploitation rate (to 2009)

<sup>3</sup> price increase from 2004 to 2009

<sup>4</sup> recycled content, data updated to 2009

**Crdt.:** The data in the table are taken from the book *Resource Revolution* written by Stefan Heck and Matt Rogers (2014).

3. This diagram is taken from the Communication COM(2014) 398 final / 2, entitled "Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe". The diagram summarizes the main stages of the life cycle of a product designed with the ecodesign logic: each phase is an opportunity in terms of "reducing costs and dependence on natural resources, boosting growth and jobs, as well as limiting waste and harmful emissions to the environment. The phases are interlinked, as materials can be used in a cascading way, for instance, industry exchanges by-products, products are refurbished or remanufactured, or consumers choose product-service system. The aim is to minimise the resources escaping from the circle so that the system functions in an optimal way." (COM (2014) 398 final / 2).

**Crdt.:** schema rielaborato a partire da quanto proposto in COM(2014) 398 final/2.

## Connections and knowledge: the technological design

The challenge is to understand what kind of revolution is underway and who, in the construction process, will take the responsibility to figure out the correct forms of relationship with the change in place. On the one hand the deciphering of the needs and the foreshadowing of scenarios for the future and, on the other, the existing tools for the design and the construction. The relationship between the two positions lies in a renewed definition of architectural technology, which should no longer be identified exclusively with the idea of research, experimentation and description of the next innovative product or process and their particular characteristics, but that will be defined, more and more often, by the emphasis placed on the interrelation and complementarity of talent, products and processes.

Describe the context in which operate and the horizon of action for which strive is not simple, but it is useful to identify problems and opportunities in the design of innovation, that tests social skills among researchers, designers and all those who deal with the building process. For the definition of the context of unforeseen and innovations we have considered the cycles in the recent construction Italian history. For defining the horizon of action we emphasize the importance of the factors crucial to the revolution of demands, standards and trends in a global scale. There are similarities between the context and the horizon of action, that are Vico's "twists and turns" of economic cycles (and of the housing market too) and of the technological and industrial revolutions. Each innovation that fits effectively in the marketplace develop new business and each of these grows or splits, develops its own network of relationships or fits into an existing network; unforeseen events, such as the blacks Swans, can destroy the network (whole or in part) by striking one or more nodes of it; any destructive event, in addition to doing this, free resources that are subsequently replaced.

The driving force of this cyclic nature, of this process of upswings and downturns, is often identified in Taleb's Swan; accurate economic analysis show us the means to deal with the innovations in the market logic or in the state intervention. But tears, jumping and breaking opportunities with the past find in the history of art, in the literature and in philosophy the space for the foreshadow of the crisis and for the testing of new balances or imbalances. Giulio Carlo Argan, talking about design and production, explains that "the processes of production are molded on the thought processes and tend to overcome the traditional «rationality»" (1965).

In the section dedicated to the network and the 4.0 tools we have seen how the new instruments and the new programs for the architectural design allow the development design of highest quality and refined graphic rendering; furthermore they are often used instruments to see the buildings in the field of augmented reality. Connected to these, the new machinery and new approaches to the design allow the creation of structures that would otherwise only be theorized. The imagined design should become a real construction thanks to the use of machines not only during the simulation phase, but also for the actual construction of the buildings or of parts of them. On the other hand, what we accomplish with these instruments is not necessarily of a better architectural quality than the product made by the designer with the graphos, the blade to clear and the tracing pa-

per, when the construction site was the only place where it was possible to find solutions to the construction and design problems.

The section dedicated to sustainability describes the increased consideration of ecosystem dynamics, which is useful to the relationship between the design, the construction and the natural environment. The comparison with the new requirements and the definition of requirements (that are often new and complex regarding their articulation and their forms of analysis and evaluation) refers to the circular economy, which arises from the recognition of these dynamics. The design and the building need to find a collocation in the wide range of relations between the parts of the system; every designer is related with a human and natural ecosystem made up of layers and connections, a wealth of knowledge, skills, rules and balances within which each design have to play a role through the articulation and commissioning of forms, spaces and of the relationships between them. This expansion of the issues that contextualize the design does not deny but emphasizes the role of the design for the definition of quality and reliability of the built. There are technologies and innovations that strengthen the system in which they are inserted; they are, for example, substitute materials of others more difficult to find. These are useful solutions to maintain the balance in the network of relationships that develops through the design and the project and that materializes through the construction and the life of the building. These are solutions that allow us to do things at the same way as before the innovation, without substantial changes in speed, quality and in the reliability of products and processes.

There are technologies and innovations which influence the processes, during the design phase and/or in the process of production (or recycling); the tools used in the computerized design belong to this category. They are solutions that allow to increase the production in a more efficiently, faster, and more reliable way; on the other hand, the use of CAD has not deeply changed the nature of relationships between the client, the designer and the construction site and has not deeply upset the architecture of the network of the necessary relationships to implement a design. However, we can continue do to the same things of a time, in a similar way, but better.

There are technologies and innovations that allow us (or impose us) to do things in a different way, or to do different things. These technologies show their effects by modifying the relational network underlying every design by changing the connections and constructing new routes through which energy, materials and processes pass and take shape. For this

reason, for the degree of innovation, it is difficult to isolate a single aspect of these technologies, the 4.0 technologies: every aspect is connected to other and it becomes innovation thanks to its relationship with these other network nodes (sometimes, new nodes). The economist Milan Zeleny, links the gain to the first form of technology (which strengthens the system in which it is located), the performance to the technologies management that affect the network flows making them more efficient, he also identifies in the creativity, the main feature of the technologies which affect the structure and the organization in which they find space. Zeleny calls them "superior technologies" (Zeleny, 1985): the symbiosis between the man and the machine, that emerges from the revolution of the 4.0, influences the lives of the citizens and determines economic and social situations so radically that no one can choose to ignore their connection. A connection that cannot be ignored because it goes beyond the interaction: the communication tools and the possibility to question individuals and objects around us, gathering and ordering a large amounts of data lead us to develop a symbiotic connection with the machines: it's the extent of the network of connections that we can use for the development of each design to determine the innovative feature of the next technology building cycle in a worldwide scale. The symbiotic organization that characterizes the context has some similarities with the goals that define the future of the architectural technology: it's the ecosystem dimension or, better, the forms of the organic organization, to define the new degree of complexity of the building quality. A level of complexity impossible to manage without the machines (communication systems, robots and big data) and, at the same time, a level of complexity that is the result of the use of the machines that put the technology in comparison with a new definition of the quality of the built, related to the Glocal<sup>30</sup> scale (Bauman, 2011), and achieved through the interaction between the stakeholders. The architectural technology is invested by the 4.0 revolution, by Taleb's Swans, and Zeleny nominate architectural technology to contribute to the development of a new "superior technology". As in any revolution, many players in the building process will not find in 4.0

30. "The qualitative and quantitative aspects of the construction process, as well as the social and economic issues, are [...] influenced by the context in which they are placed and have an impact at a larger scale; often the concepts of Local and Global, precisely because of their literal meaning, are considered opposites, but the holistic view of the built-efficiency requires that these concepts come together giving rise to the term Glocal (Global + Local)"(Barucco, 2007).

a location similar to the last one, many others will perform their work in spite of the 4.0: despite the use of the new IT tools, the market globalization, the crisis, the excess of supply in the construction industry, ... But technological innovations do not work following the logic of «the despite», the technology changes the nature of the tasks and the execution modes, as the nature of the relationships changes, and then the physical, energetic and informational flows, that characterize the work and, more generally, the human activity.

A third technology is becoming increasingly important, it is combined with the architectural technology devoted to the study of materials and products (called *hard* by Ciribini) and with the architectural technology that analyses the processes underlying the design and the production (called *soft* by Ciribini and *invisible* by Sinopoli). Even in the study of architecture it is possible to recognize the importance that the 4.0 gives to the thinking component of the technological system and, if it is possible to talk about *hardware* and *software* in the architectural technology, we need to work at the *knoware* which defines the purpose (the objectives and the targets), the reasons and the justifications for each specific use and development of *hard* and *soft* technology (Tonelli, 2013). This thinking component of the architectural technology develops the knowledge of the «how» and «why» to do technology: what used to build? How? Where? When? Which building process develop and why?

Only considering the three *hard*, *soft* and *know* technology components we will not be overwhelmed by the 4.0, we will no longer need to search for the resilience of the technical know-how and of the architecture design. It will be possible to transform the technological design becoming the designers and the innovation players, aware of the network that supports the technology and with whom each design, product or process relates, developing revenue, productivity or creativity.

These are the challenges of architectural technology, but they are not new challenges. The universities had already responded to the growing complexities of the architect's work, of the design and the construction site offering training for new professionals, which contribute to the definition of bonds in the building process network; different specializations have interacted with the introduction of new materials and mechanical solutions, adapted to the new and higher performance standards of the construction. After a while, once we understand the extent of the 4.0 revolution, we need to emphasize the importance of the architect as the interpreter of the various languages spoken on the building process network, which is now very wide: from the idea to the cycles and recycles of the circular economy.



We must do technology as the crows of Folena (Lilli, 1991): "In the United States, the crows of New England caw differently from those in California. They could not communicate whether in the Middle West do not exist a third language group of crows that understand both of them, and acts as interpreter" (Manfron, 2000). We also need to go further, we have to work on the technological design, developing the value of the *knoware*.

#### CAPTION

1. The work *Structural Oscillations* was conducted for the eleventh Biennale of Architecture in Venice (2008) "Out there: architecture beyond building". Fabio Gramazio and Matthias Kohler planned and realized it with the use of a robotic arm. This is "a 100 meter long brick wall that runs seamlessly in the Swiss Pavilion. With its form the wall defining an interior space and an interstitial space beyond it. The wall also establishes a dialogue with the brick architecture of the pavilion itself, designed by architect Bruno Giacometti in 1951" ("Out there, architecture beyond building", vol.4, Venezia 2008).

Crtd.: La Biennale di Venezia - Archivio Storico delle Arti Contemporanee, photo by Giorgio Zucchiatti.

2. Milan Zeleny summarizes the steps that determine business cycles; these phases are, in fact, opportunities for technological innovation and development of the complexity government (until the advent of the next black Swan, or gray Swan). At the production stage (Zeleny that often defines "creation") rules and standards are developed for the entry of any new technology, here represented with squares. These rules may be dictated by the emergency, by affinity with pre-existing technologies, by specific issues and by many other factors. These rules govern the network of relationships, respect, interrelationships and mutual placements that characterizes the stage of growth of technology. The phase of destruction, where companies fail or are destroyed, relocates the resources (here represented with circles); The resources will help start new productions, different from the first.

Crtd.: This scheme was implemented from what was proposed by Milan Zeleny to analyze occurrences and recurrences of human systems (2012).

3. In the era of globalization, technology gains value in relation to the management of knowledge and the ability to develop and manage the shared design. In addition, the technology is supported by a network made of physical relationships, socio-economic, and information. The core of the technological revolution, as of architectural technology, is characterized by a hard component (material), from a soft component (related to the process) and a knowledge component: the *knoware* becomes predominant on the software and hardware when the technology is available worldwide and includes diagrams, procedures and software, and not only the physical elements (such as machinery and products). The technology of 4.0 tends to involve users and becomes similar to a form of social relationship.

Crtd.: This scheme has been carried out starting from what is proposed by Milan Zeleny to analyze the forms of human management systems (2005).

Finito di stampare  
nel mese di ottobre 2016  
da Digital Team - Fano (PU)